



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Estágio – Eletricidade dos Açores, EDA, S.A. – Ponta Delgada

Revitalização do sistema de automação da Central

Termoelétrica do Caldeirão

Gonçalo Carreiro Bermonte Leite

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial

Tomar | Setembro | 2019



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Gonçalo Carreiro Bermonte Leite

Estágio – Eletricidade dos Açores, EDA, S.A. – Ponta Delgada

Orientado por:

Professor Doutor Mário Hélder Gomes – IPT/ESTT

Eng.º David Luís – EDA, S.A.

Eng.º João Cabral – EDA, S.A.

Relatório apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar para o cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica, especialização em Controlo e Eletrónica Industrial

RESUMO

O presente relatório pretende sintetizar e expor todo o conhecimento e experiência adquirida, aquando do estágio curricular referente à finalização do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial, no Instituto Politécnico de Tomar.

Este estágio, efetuado na entidade responsável pela distribuição da Energia Elétrica na região Autónoma dos Açores – EDA S.A., permitiu o enquadramento na realidade energética da região, a metodologia de trabalho da empresa, os problemas e dificuldades a ter em conta diariamente, a interação com novos sistemas e equipamentos e a procura da atualização e do conhecimento tecnológico. Todos estes princípios, enriqueceram e ajudaram a complementar a minha formação académica.

Com uma durabilidade de 9 meses, o estágio teve lugar no CINFE (Construção de Infraestruturas e Equipamentos), mais concretamente no departamento CEPRO (Construção de Equipamentos de Produção), sediado no Caminho da Levada, na cidade de Ponta Delgada, na ilha São Miguel.

Ao longo deste tempo, foram surgindo várias tarefas e trabalhos entusiasmantes, de modo a preparar e enquadrar a dinâmica de trabalho do gabinete inserido, para o resto do estágio. Com a definição do tema de projeto, a Revitalização do Sistema de Automação da Central Termoelétrica do Caldeirão, todo o restante desenrolar do estágio envolveu-se neste contexto.

ABSTRACT

This report intends to synthesize and expose all the knowledge and experience gained during the curricular internship regarding the completion of the master's degree in Electrotechnical Engineering – specialization in control and Industrial Electronics, at the Institute Polytechnic of Tomar.

This internship, carried out in the entity responsible for the distribution of electric energy in the autonomous region of the Azores – EDA S.A., allowed the framework in the energy reality of the region, the work methodology of the company, the problems and difficulties to be Daily account, the interaction with new systems and equipment, the demand for updating and technological knowledge. All these principles have enriched and helped complement my academic background.

With a durability of 9 months, the internship took place in the CINFE (Construction of infrastructures and equipment's), more specifically in the department CEPRO (Construction of production equipment's), headquartered in the Levada Way, in the city of Ponta Delgada, on the island São Miguel.

Throughout this time, several tasks and enthusiastic work were emerging, in order to prepare and frame the work dynamics for the rest of the internship. With the definition of the project theme, the revitalization of the automation system of the thermoelectric plant of Caldeirão, all the remainder of the internship was involved in this context.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação marca o fim de uma etapa muito importante, sendo que a sua concretização só foi possível graças a várias pessoas da instituição que, durante meses colaboraram comigo de forma muito presente e positiva. Quero assim expressar os meus maiores e sinceros agradecimentos.

Por isso, quero agradecer ao Instituto Politécnico de Tomar, pela consideração e afeto ao longo destes anos e pelo apoio ao nível de recursos materiais.

Gostaria de agradecer ao professor e coordenador do Mestrado, Doutor Paulo Coelho que sempre esteve disponível e sempre mostrou interesse em ajudar no que fosse preciso.

Sem menos importância, queria agradecer também ao professor orientador Mário Hélder por toda a disponibilidade e confiança ao longo deste trajeto.

Quero agradecer á EDA. S.A. pela disponibilidade e facilidade aquando da proposta de estágio, mas em especial ao Eng.º Paulo André, diretor do CINFE por se ter mostrado sempre interessado no acompanhamento e no desenvolvimento do estágio.

Agradeço também ao Eng.º David Luís, por toda a ajuda prestada e pelas tarefas aliciantes que foi apresentando. Agradeço de igual forma ao Eng.º João Cabral pela paciência e orientação mais próxima, por toda a disponibilidade e pelas oportunidades criadas ao longo do estágio.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à minha família por todo o apoio, exigência e confiança ao longo de todo o percurso escolar e claro, à Cristiana, aquela pessoa que nunca deixou de acreditar que conseguimos fazer o que ambicionámos, mas com muito esforço, gosto e dedicação.

Sem vocês, seria impossível a finalização desta etapa muito importante.

A todos um MUITO OBRIGADO!

ÍNDICE

Reusmo	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos	ix
Índice	xi
Índice de ilustrações	xvii
Índice de tabelas	xvii
Índice de gráficos.....	xxiii
Lista de abreviaturas e siglas	xxvii
Lista de símbolos e unidades	xxxii
1. Introdução.....	1
2. Eletrificação dos Açores – Resenha histórica	3
2.1. Introdução.....	3
2.2. Ilha de São Miguel.....	3
2.2.1. Engenheiro José Cordeiro – Dados biográficos.....	3
2.2.2. Implementação da luz elétrica na ilha.....	4
2.2.2.1. Construção da primeira central - “Fábrica da Vila”	5
2.2.3. Câmara Municipal de Ponta Delgada – Energia elétrica municipalizada.....	6
2.2.3.1. Central da Fajã Redonda	7
2.2.3.2. Linha de Transporte	7
2.2.3.3. Rede de Distribuição de Baixa Tensão	8
2.2.4. Federação dos Municípios de Ponta Delgada	8
2.2.4.1. Principais atividades.....	9
2.2.4.1.1. Central Termoelétrica de Ponta Delgada.....	9

2.2.4.1.2.	Redes	12
2.2.5.	Constituição de uma nova Entidade – Empresa Insular de Eletricidade	13
2.2.5.1.	Início e principais atividades	13
2.3.	Reorganização do Setor Elétrico dos Açores	14
2.3.1.	E.D.A - Eletricidade dos Açores	15
2.3.1.1.	Início e principais atividades (Ilha de São Miguel)	15
2.3.1.2.	Central Termoelétrica do Caldeirão	17
2.3.1.2.1.	Constituição geral de Central	18
2.3.1.2.2.	Ampliação da Central	19
2.3.1.2.3.	Principais Sistemas e Equipamentos	23
2.3.1.2.3.1.	Equipamento Mecânico	23
2.3.1.2.3.1.1.	Motores Diesel	23
2.3.1.2.3.2.	Equipamento elétrico	27
2.3.1.2.3.2.1.	Alternadores Síncronos Trifásicos	27
2.3.1.2.3.2.2.	Transformadores de Potência	31
2.3.1.2.3.2.3.	Transformadores Auxiliares	34
2.3.1.2.3.3.	Sistema de Comando e de Controlo	36
2.3.1.2.3.4.	Combustíveis	39
2.3.1.2.3.5.	Sistema de Tratamento de Água	41
2.3.1.2.3.6.	Ambiente	43
2.3.1.2.3.7.	Segurança contra incêndios	43
2.3.1.2.3.8.	Sistema de Automação da Central	45
2.3.1.2.3.8.1.	Autómatos	45
2.3.1.2.3.8.2.	Supervisão e rede de comunicação	49
2.3.1.2.3.8.3.	Controlo e rede de comunicação	50

2.3.1.2.3.8.4.	Redes de campo e aquisição de dados	56
2.3.1.2.3.8.4.1.	Protocolos de comunicação	56
2.3.1.2.3.8.4.1.1.	Protocolo Advant FieldBus 100.....	56
2.3.1.2.3.8.4.1.2.	Protocolo Modbus	57
2.3.1.2.3.8.4.1.3.	Protocolo SPA-Bus	57
2.3.1.2.3.8.5.	Autómatos ABB AC450	57
2.3.1.2.3.8.5.1.	Caracterização	57
3.	Relatório de Estágio – Envolvência dos conteúdos abordados	59
3.1.	Introdução	59
3.2.	Objetivos.....	60
3.3.	Protocolos e meios de comunicação	61
3.3.1.	Introdução	61
3.3.2.	Meios físicos de comunicação	62
3.3.2.1.	RS-232.....	62
3.3.2.2.	RS-485.....	64
3.3.2.3.	Ethernet	65
3.3.3.	Protocolos estudados no contexto do Estágio.....	66
3.3.3.1.	Master Bus 300.....	67
3.3.3.1.1.	Arquitetura.....	69
3.3.3.1.1.1.	Blocos funcionais de comunicação.....	70
3.3.3.1.1.2.	Redundância	71
3.3.3.1.1.3.	Perfomance e Hardware.....	71
3.3.3.2.	Advant Fieldbus 100	71
3.3.3.3.	Modbus.....	72
3.3.3.3.1.	Arquitetura de comunicação	72

3.3.3.3.1.1.	Processo de endereçamento e verificação de erros	73
3.3.3.3.1.2.	Acesso ao modelo de dados Modbus	74
3.3.3.3.1.2.1.	Execução de uma função por um “slave”	75
3.3.3.3.2.	Modbus RTU	76
3.3.3.3.3.	Modbus TCP/IP	77
3.3.3.3.3.1.	Arquitetura de comunicação.....	77
3.3.3.4.	Profibus	82
3.3.3.4.1.	Profibus DP	83
3.3.3.4.2.	Profinet	84
3.3.3.5.	Resumo (tabela de comparação) entre os protocolos estudados	85
3.3.3.6.	Modelo OSI.....	86
3.4.	Reestruturação do sistema de automação da CT do Caldeirão	88
3.4.1.	Objetivos.....	88
3.4.2.	Supervisão e rede de comunicação	88
3.4.3.	Controlo e rede de comunicação	89
3.4.4.	Novos autómatos e rede de controlo.....	89
3.4.4.1.	Gestão e controlo dos grupos de produção	90
3.4.4.2.	Gestão e controlo dos sistemas auxiliares comuns	93
3.4.5.	Redes de campo e aquisição de dados	96
3.4.5.1.	Protocolo Profibus DP	96
3.4.5.2.	Modbus RTU	97
3.4.5.3.	Modbus TCP	98
3.4.6.	ABB AC800M.....	98
3.4.6.1.	Caracterização.....	98
3.4.7.	Solução de automação existente vs Solução de automação atual.....	100

3.5.	Descrição dos trabalhos efetuados aquando do Estágio	105
3.5.1.	Ilha da Terceira – Ampliação da CT do Belo Jardim	105
3.5.1.1.	Rede de Terras e Proteção contra Descargas Atmosféricas	105
3.5.1.2.	Sistema Automático de Detecção de Incêndios (SADI)	105
3.5.1.3.	Iluminação Normal e Emergência e Tomadas	106
3.5.2.	Ilha de São Jorge – Ampliação da CT do Caminho Novo.....	107
3.5.2.1.	SPACC	107
3.5.3.	Ilha de São Miguel – CT do Caldeirão	107
3.5.3.1.	Revitalização do sistema de automação	107
3.5.3.1.1.	Desenho da rede elétrica do novo sistema de automação.....	107
3.5.3.1.2.	Estudo e desenho do novo sistema CCTV	114
3.5.4.	Outros trabalhos acompanhados	118
4.	Síntese de Conteúdos	118
	Referências Bibliográficas.....	121
	Anexos.....	123
	Anexo A – Dados técnicos dos autómatos AC 450 e AC 800M.....	123
	Anexo A1 - Dados técnicos dos autómatos AC 450	123
	Anexo A2 - Dados técnicos dos autómatos AC 800M.....	126
	Anexo B – Cartas de Aquisição de Dados (Digitais e Analógicas).....	129
	Anexo B1 - Cartas Digitais (DI810, DI830, DO820).....	129
	Anexo B2 - Cartas Analógicas (AI810, AI830, AI835, AO820)	130
	Anexo C – Trabalhos realizados no contexto do Estágio.....	133
	Anexo C1 - Ilha da Terceira	133
	Anexo C1.1 - CT do Belo Jardim – Rede de Terras e SPDA.....	133
	Anexo C1.2 - CT do Belo Jardim – SADI.....	136

Anexo C1.3 – CT do Belo Jardim – Iluminação e Tomadas.....	145
Anexo C2 – Ilha de São Jorge	153
Anexo C2.1 - CT do Caminho Novo – Enquadramento e SPACC.....	153

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Engenheiro José Cordeiro	4
Ilustração 2 - Grupos geradores	5
Ilustração 3 - Antiga conduta de água da central	5
Ilustração 4 - Antiga central da Vila	6
Ilustração 5 - Instalações da central da Fajã redonda	7
Ilustração 6 - Motor Diesel da antiga central	10
Ilustração 7 - Alternador	11
Ilustração 8 - Quadros dos Grupos produtores	11
Ilustração 9 – Painel Transformador I	12
Ilustração 10 – Painel Transformador II	12
Ilustração 11 - Central Termoelétrica do Caldeirão	17
Ilustração 12 - Subestação depois da ampliação	20
Ilustração 13 - Sistema de retificadores/baterias da central	21
Ilustração 14 - Ondulador 110 Vcc/230 Vac	21
Ilustração 15 - UPS nº1	22
Ilustração 16 - UPS nº2	22
Ilustração 17 - Grupo de emergência nº1 e nº2	23
Ilustração 18 - Grupos de produção MAK	24
Ilustração 19 - Grupos de produção WARTSILA	25
Ilustração 20 - Grupos de produção WARTSILA	25
Ilustração 21 - Parque de radiadores dos Grupos de produção MAK	26
Ilustração 22 - Parque de radiadores dos Grupos de produção WARTSILA	26
Ilustração 23 - Imagem representativa de um alternador síncrono trifásico	28
Ilustração 24 - Excitatriz	28

Ilustração 25 – Esquema elétrico da ponte retificadora de díodos	29
Ilustração 26 - Alternadores dos grupos de produção MAK.....	29
Ilustração 27 - Alternadores dos grupos de produção WARTSILA.....	30
Ilustração 28 – Esquema elétrico de controlo do AVR e ponte retificadora	31
Ilustração 29 – Reguladores de tensão AVR duplos	31
Ilustração 30 - Transformador de Potência do grupo 4 (MAK)	32
Ilustração 31 - Transformadores de Potência dos Grupos MAK.....	32
Ilustração 32 - Transformador de Potência do grupo 5 (WARTSILA).....	33
Ilustração 33 - Transformadores de Potência dos grupos WARTSILA	33
Ilustração 34 - Transformador Auxiliar do grupo nº1 (igual ao transformador do nº2)	34
Ilustração 35 - Transformador Auxiliar do grupo nº4 (igual ao transformador do nº3)	35
Ilustração 36 - Transformador Auxiliar do Grupo 8 (WARTSILA)	35
Ilustração 37 - Regulador de velocidade (723 DIGITAL)	37
Ilustração 38 – Regulador de tensão da ABB (depois da ampliação)	37
Ilustração 39 – Proteção elétrica ABB (REM 543).....	38
Ilustração 40 – Proteção elétrica ABB (SPAD 346C).....	38
Ilustração 41 - Proteção dos transformadores auxiliares (SIPOTEC 7SJ531)	38
Ilustração 42 - Abastecimento de combustível na central	39
Ilustração 43 - Transporte de combustível até aos tanques	39
Ilustração 44 – Zona 1 do parque de combustíveis	40
Ilustração 45 – Zona 2 do parque de combustíveis	40
Ilustração 46 - Zona de transfega e tratamento de combustível	41
Ilustração 47 - Bombas, filtros e central hidropneumática do sistema de tratamento de água.....	42
Ilustração 48 - Vários reservatórios do sistema de tratamento de água.....	42
Ilustração 49 - Rede de combate a incêndios	44

Ilustração 50 - Central de deteção de incêndios	44
Ilustração 51 - Central de extinção de incêndios.....	45
Ilustração 52 - Quadro dos sistemas auxiliares comuns (Exterior CFA902)	46
Ilustração 53 - Quadro do Grupo 4 (Exterior CFC041)	46
Ilustração 54 - Autómatos dos Grupos 1, 2, 3 e 4 (Interior CFC041)	47
Ilustração 55 - Quadro do Grupo 5 (Exterior CFC051)	47
Ilustração 56 - Autómato dos Grupos 5 e 6 (Interior CFC051).....	48
Ilustração 57 - Quadro do Grupo 7 (Exterior CFC071)	48
Ilustração 58 - Autómato dos Grupos 7 e 8 (Interior CFC071).....	49
Ilustração 59 - Exemplo representativo da interface de dados entre a rede de supervisão e a rede de controlo	50
Ilustração 60 - Módulo de processamento PM511	50
Ilustração 61 - Módulo de comunicação CS513	51
Ilustração 62 - Esquema representativo da conexão do módulo de comunicação CS513 à rede MB300	51
Ilustração 63 - Modelo de comunicação AF100 (CI522).....	51
Ilustração 64 - Esquema representativo do módulo de comunicação CI522.....	52
Ilustração 65 - Módulos de comunicação MVI-RS232.....	52
Ilustração 66 - Módulo de comunicação para interface com o despacho EDA.....	52
Ilustração 67 - Módulo para interface com a central de sincronização horária.....	53
Ilustração 68 - Esquema representativo do módulo de comunicação CS513.....	53
Ilustração 69 - Módulo de interface com a memória programável	53
Ilustração 70 - Módulo de comunicação Profibus-DP (CI541 V1).....	54
Ilustração 71 - Esquema representativo do módulo de comunicação Profibus-DP.....	54
Ilustração 72 – Esquema representativo do módulo de comunicação CI535	55
Ilustração 73 – ABB AC 450	58

Ilustração 74 - Exemplo representativo da transmissão de uma mensagem de um protocolo.....	61
Ilustração 75 - Esquema representativo do conector de 9 pinos DB9	62
Ilustração 76 - Ligações entre os dispositivos DTE e DCE	63
Ilustração 77 - Exemplo representativo de um conector série RS-485.....	64
Ilustração 78 - Interior de uma comunicação série RS-485.....	64
Ilustração 79 - Exemplo representativo de um conector RJ-45.....	65
Ilustração 80 - "Frame" de dados Ethernet.....	66
Ilustração 81 - Controlador Masterpiece 200	68
Ilustração 82 - Exemplo de uma implementação do MB 300 OPC server.....	68
Ilustração 83 - Exemplo de um controlador AC800M conectado ao MasterBus 300 e à rede de controlo.....	69
Ilustração 84 - Troca de DataSets (DS) via MB 300 através dos seus blocos de função	70
Ilustração 85 - Comunicação entre "Master" e "Slave"	72
Ilustração 86 – ADU do protocolo Modbus	73
Ilustração 87 - PDU do protocolo Modbus.....	73
Ilustração 88 - Endereçamento entre "Master/Slave" sem erro	73
Ilustração 89 - Endereçamento entre "Master/Slave" com erro.....	74
Ilustração 90 - Diagrama de estados para leitura de "coils" (código de função 01)	75
Ilustração 91 - Interação entre o "cliente" e o "servidor" numa transição Modbus TCP/IP	77
Ilustração 92 - ADU do Modbus TCP/IP	77
Ilustração 93 - ADU da variante TCP/IP do protocolo Modbus	78
Ilustração 94 - Interligação entre a camada de rede e a camada de aplicação.....	79
Ilustração 95 - Interligação entre a camada de aplicação e a camada de transporte.....	79
Ilustração 96 - Envio dos Datagramas desde a camada de transporte até à camada de internet.....	80
Ilustração 97 - Envio do datagrama presente na camada de internet para a camada de rede	80
Ilustração 98 - Resumo de uma transição de informação da variante TCP/IP do protocolo Modbus	81

Ilustração 99 - Exemplo de uma implementação das variantes do Profibus num sistema de automação	82
Ilustração 100 - Variantes do Profibus associadas ao Modelo OSI.....	83
Ilustração 101 - Variantes do Profibus e suas funções.....	83
Ilustração 102 - Modelo OSI.....	86
Ilustração 103 - Diferentes protocolos em cada camada do modelo OSI.....	87
Ilustração 104 - Diagrama de blocos do PM860A	90
Ilustração 105 - Visualização geral da montagem do PM860A	90
Ilustração 106 - Módulo de processamento PM860A (AC800M)	91
Ilustração 107 - Módulo de comunicação CI854A numa rede redundante Profibus.....	91
Ilustração 108 - Módulo de comunicação CI853	92
Ilustração 109 – Módulo de comunicação CI853, CI854A e PM860A (AC800M).....	92
Ilustração 110 - Dois módulos PM866A redundantes (PLC A e PLC B)	93
Ilustração 111 - Representação da unidade de alimentação (bateria externa) SB822	94
Ilustração 112 - Unidade de interligação CEX-Bus (BC810)	94
Ilustração 113 – Representação de uma rede Profibus DP redundante	95
Ilustração 114 – Rede Profibus redundante entre os módulos CI854A.....	95
Ilustração 115 - Módulo de comunicação CI840A das RTU's	96
Ilustração 116 - Conversores RS-232 para RS-485 de modelo MDW-45.	97
Ilustração 117 - Exemplo de um AC 800M e alguns dos seus módulos	99
Ilustração 118 - ABB AC450 e seus módulos.....	103
Ilustração 119 - Representação do autómato AC 800M.....	103
Ilustração 120 - ABB AC 800M e os seus módulos.....	104
Ilustração 121 - Legenda da planta com os protocolos e meios de comunicação usados no projeto	1088
Ilustração 122 - Exemplo da identificação do quadro CFA909 e algumas das suas ligações	1088

Ilustração 123 - Exemplo do potencial do pdf mostrando apenas a "layer" pretendida	1099
Ilustração 124 - Ligações entre os quadros dos auxiliares dos grupos Mak aos quadros dos grupos de produção	11010
Ilustração 125 - Ligações entre os quadros dos auxiliares dos grupos Wartsila aos quadros dos grupos de produção	11011
Ilustração 126 - Representação das ligações principais da Sala de Comandos	1121
Ilustração 127 - Representação da delimitação do alcance do Bastidor E	114
Ilustração 128 - Representação do formato de uma câmara, a sua alimentação e identificação. .	1155
Ilustração 129 – Organizador de ideias com a informação da localização das câmaras (Interior e Exterior)	11016

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos Alternadores	5
Tabela 2 - Características dos Motores Diesel	10
Tabela 3 - Características dos Geradores Síncronos (Alternadores)	10
Tabela 4 - Zonas e áreas edificadas.....	18
Tabela 5 - Características dos motores diesel – MAK	23
Tabela 6 - Características dos motores diesel – Grupos WARTSILA	24
Tabela 7 - Características dos alternadores dos Grupos MAK.....	29
Tabela 8 - Características dos alternadores dos grupos WARTSILA	30
Tabela 9 - Características dos Transformadores de Potência dos grupos MAK	32
Tabela 10 - Características dos Transformadores de Potência dos Grupos WARTSILA	33
Tabela 11 - Características dos transformadores auxiliares dos grupos nº1 e 2 (MAK).....	34
Tabela 12 - Características dos transformadores auxiliares dos grupos nº3 e 4 (MAK).....	34
Tabela 13 - Características dos transformadores auxiliares dos Grupos WARTSILA	35
Tabela 14 - Tabela comparativa entre RS-232 vs RS-485	65
Tabela 15 - Mapeamento do tipo de dados suportado no MB 300.....	71
Tabela 16 - Tabela resumo com os dados e códigos de funções	74
Tabela 17 - Tabela representativa das codificações ADU para solicitações Modbus	78
Tabela 18 - Tabela comparativa entre Profibus e Profinet.....	84
Tabela 19 - Tabela de comparação entre os protocolos estudados.....	85
Tabela 10 - Resumo da análise feita ao projeto de iluminação e tomadas da central	106
Tabela 21 - Tabela resumo de todas as ligações e características dos grupos Mak.	109109
Tabela 22 - Tabela resumo de todas as ligações e características dos grupos Wartsila	110
Tabela 23 - Tabela de todas as ligações e características dos quadros dos comuns mecânicos ...	1121
Tabela 24 - Tabela de todas as ligações e características dos quadros dos comuns elétricos	1112
Tabela 25 - Resumo da localização das câmaras e os bastidores do sistema CCTV no exterior.	1155

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resumo das principais atividades da Empresa Insular de Eletricidade	14
Gráfico 2 - Principais trabalhos no início das atividades da EDA	16
Gráfico 3 - Resumo da distribuição dos autómatos pelas suas funções	45
Gráfico 4 – Conteúdos estudados na sequência do projeto de revitalização do sistema de automação da central	59
Gráfico 5 - Protocolos estudados no contexto de Estágio	67
Gráfico 6 - Interligação dos meios físicos com as variantes do Modbus	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – *Advant Controller*;

AC – Corrente alternada;

ADU – *Application Data Unit*;

AF - *Advant fieldbus*;

AMPL – Linguagem de Programação Matemática;

ARP – *Address Resolution Protocol*;

ASCII – Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação;

AT – Alta Tensão;

AVR – Regulador Automático de Tensão;

BT – Baixa Tensão;

CCTV – Circuito fechado de televisão;

CDI – Central de detecção de incêndios;

CE – Caderno de encargos;

CEPRO – Construção de equipamentos de produção;

CINFE – Construção de infraestruturas e equipamentos;

CPU – *Central Process Unit*;

CRC – *Cyclic Redundancy Check*;

CT – Central Termoelétrica;

CTE – Condições técnicas especiais;

CTG – Condições técnicas gerais;

CTS – *Clear to send*;

DA – *Destination Address*;

DC – Corrente continua;

DCD – Detetor de portadora de dados;

DCS – Sistema digital de controle distribuído;

DENOX – Desnitrificação do sistema de combustão;

DSP – Processamento digital de sinal;

DSR – Conjunto pronto de dados;

DTC – *Data communications equipment*;

DTE – Equipamento terminal de dados;

DTR – Terminal pronto de dados;

EDA – Eletricidade dos Açores;

E.E.G – Empresa de Eletricidade e Gás;

EIA – *Electronics Industries Association*;

E.I.E – Empresa Insular de Eletricidade;

EP – Empresa pública;

FCI – *Fieldbus Communication Interface*;

FO – Fibra ótica;

HID – Lâmpadas de descarga;

ICMP – *Internet Control Message Protocol*;

IEC – *International Electrotechnical Commission*;

IEEE – Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos;

IGMP – *Internet Group Management Protocol*;

IP – *Internet Protocol*;

LED – Díodo emissor de luz;

MAC – *Media Access Control*;

MB – *MasterBus*;

MNS – Protocolo de notificação da Microsoft;

MT – Média Tensão;

MTC – *Master time center*;

NFPA – Associação Nacional de Protecção contra Incêndios;

OPC - *Object Linking and Embedding*;

OSI – *Open Systems Interconnect*;

PDU – *Protocol Data Unit*;

PLC – Controlador Lógico Programável;

PVC – Policloreto de vinil;

REM – *Machine terminal relay*;

RD – Dados recebidos;

RGT – Rede e gestão de terras;

RTA – *Real-time analyzer*;

RTS – *Request to send*;

RTU – *Remote terminal unit*;

S.A – Sociedade Anónima;

SADI – Sistema automático de detenção de incêndios;

SCADA – Sistemas de supervisão e aquisição de dados;

SFD – *Start Frame Delimiter*;

SOE – Sequência de eventos;

SPACC – Sistema de protecção, aquisição, comando e controlo;

SPAD – *Stabilized Differential Relay*;

TCP/IP – *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*;

TD – Dados de transmissão;

UDP – *User Datagram Protocol*.

UNIX - Serviço de informação e computação não multiplexado;

UPS – Fonte de alimentação ininterrupta;

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

A – Ampere

cSt – Viscosidade

cv – Cavalos

°C – Graus centígrados

Hz – Hertz

kb/s – Kilobits

kg/cm³ - Quilograma por centímetro cúbico

kg/h – Quilograma por hora

kVA – Kilo Volt Ampere

kW – Kilowatt

l/h – Litros por hora

Lm/W – Lúmen por Watt

l/s – Litros por segundo

Lux – Intensidade luminosa

m – Metro

m² - Metro quadrado

m³ - Metro cúbico

mA – Miliampere

Mb/s – Megabits

m³/h – Metro cúbico por hora

MHz – Megahertz

mV – Milivolt

MVA – Mega Volt Ampere

Vcc – Volt corrente contínua

Vac – Volt corrente alternada

r.p.m – Rotações por minuto

V – Volt

W – Watt

% - Percentagem

1) Introdução

No âmbito da finalização do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Especialização em Controlo e Eletrónica Industrial, no Instituto Politécnico de Tomar, surgiu a possibilidade de integrar um estágio curricular num contexto profissional na Empresa de Eletricidade dos Açores (EDA, S.A.), no CINFE (Construção de Infraestruturas Elétricas), departamento a cargo de toda a envolvente das Infraestruturas Elétricas, mais concretamente, no gabinete CEPRO (Construção de Equipamentos de Produção)

Atendendo à estrutura curricular do mestrado vocacionada para ambientes industriais a nível de controlo e automação, e analisando a metodologia e os objetivos de trabalho do gabinete em que fui inserido, ficou definido como tema/projeto do protocolo de estágio, a Reestruturação do Sistema de Automação da Central Termoelétrica do Caldeirão, na ilha de São Miguel.

O relatório apresentado está de acordo com toda a estrutura e organização das habituais normas usadas para este tipo de documentos. De uma forma resumida, esta é a base da sua estrutura:

- Introdução;
- Resenha histórica a nível cronológico da Eletrificação dos Açores;

Primeira central produtora ... EDA ... CT do Caldeirão ... **Sistemas de Automação**

1900

1981

1987

2019

- Estágio – Envolvência dos conteúdos e descrição dos trabalhos efetuados, destacando a Remodelação do sistema de automação da CT do Caldeirão e toda a sua envolvente e a descrição dos trabalhos efetuados;
- Conclusão;
- Referências bibliográficas;
- Anexos.

No início do estágio, antes do foco no tema principal, surgiram diversas tarefas e acompanhamento de outros trabalhos também importantes e desafiantes. Para resumir toda a experiência e o conhecimento adquirido fora da Central Termoelétrica do Caldeirão, destaco:

- Análises às CTE (Condições Técnicas Especiais) dos seguintes projetos:
 - Ilha da Terceira – Ampliação da Central Termoelétrica do Belo Jardim:
 - Sistema automático de detecção de incêndios (SADI).
 - Sistema de terras e proteção contra descargas atmosféricas;
 - Iluminação normal e de emergência e tomadas;
 - Ilha de São Jorge – Central Termoelétrica do Caminho Novo:
 - Sistema de proteção, aquisição, comando e controlo (SPACC).
- Acompanhamento direto ao gabinete de obras, GEOBR (Gestão e Fiscalização de Obras) em alguns trabalhos, tais como:
 - Remodelações de linhas e ramais MT;
 - Fiscalização de PT's;
 - Fiscalização da abertura de valas e os respetivos caminhos de cabos para redes subterrâneas;

A interação e acompanhamento com o principal tema do estágio, a remodelação do sistema de automação da CT Termoelétrica do Caldeirão, durou cerca de cinco meses, sendo primeiramente estabelecido com o orientador Eng.º João Cabral uma estrutura de aprendizagem bem definida sobre o tema.

Por fim, depois de consolidar todo o conhecimento e a experiência obtida sobre os sistemas de automação desta natureza, estou também habilitado a expor e a descrever todo o conhecimento adquirido ao longo do período de estágio neste documento.

2) Eletrificação dos Açores – Resenha histórica

2.1. Introdução

A eletrificação do arquipélago dos Açores com a exceção das ilhas de Santa Maria e Corvo, teve origem em iniciativas privadas. Com a evolução natural dos tempos, a exploração do setor elétrico açoriano passou a estar a cargo das câmaras municipais, serviços municipalizados, federações de municípios, empresa de economia mista, E.I.E, e atualmente, a EDA. A exploração do setor não só diferia de ilha para ilha, mas também dentro de cada uma.

Verificou-se que, a maioria das entidades não dispunham dos meios técnicos e económicos necessários, nem de um programa concreto que permitisse a exploração e expansão racional de energia. Esta situação colocava o sistema em causa e, com ele, o abastecimento de energia, bem essencial para o desenvolvimento de qualquer comunidade.

Com isto, em 1976, na altura Junta Regional, iniciou os estudos que visavam a reorganização do setor elétrico. Foi, no entanto, após a instituição do Governo Regional que, em 1979, deram-se os primeiros passos para a criação de uma empresa a nível regional, denominada por Eletricidade dos Açores, E.D.A [1].

2.2. Ilha de São Miguel

2.2.1. Engenheiro José Cordeiro – Dados biográficos

No dia 27 de fevereiro de 1867, na freguesia de São Sebastião, no concelho de Ponta Delgada, nasceu José Cordeiro, que viria a tornar-se engenheiro pioneiro da eletrificação dos Açores.

Após a inauguração da eletrificação e da construção da primeira central elétrica, a central da Vila, instalou na antiga Vila da Ribeira Grande, o mesmo método de engenharia para obtenção de energia elétrica.

Foi também responsável por estabelecer a mesma luz elétrica na cidade de Ponta Delgada e propôs-se sempre para solucionar outros pontos da Ilha de São Miguel [1].



Ilustração 1 - Engenheiro José Cordeiro [1]

2.2.2. Implementação da luz elétrica na ilha

Com a intenção de estabelecer uma nova indústria, a elétrica, o Engenheiro José Cordeiro pretendia implementar nos centros mais povoados da ilha, a iluminação a nível público e particular.

Em outubro de 1898, noticiava então o jornal “O Autónómico” de Vila Franca do Campo que ia ser construído na Ribeira da Praia, em Água d’Alto, um aproveitamento hidroelétrico.

Deste modo, convencido que o seu projeto vingaria, criou a “Companhia Michaelense de Iluminação Elétrica”.

Nesta altura, o Presidente da Câmara Municipal de Vila Franca do Campo, o Dr. António José da Silva, intervém e acreditando no arrojadíssimo projeto, abre, em janeiro de 1899, um concurso para a instalação do aproveitamento hidroelétrico na ilha.

Foi o primeiro contrato deste tipo que surgiu nos Açores e certamente, um dos primeiros em Portugal. Com a sua publicação no Diário do Governo nº111, de 18 de maio, inicia-se a história da eletrificação do Arquipélago dos Açores.

Em junho de 1900, José Cordeiro dá início à construção da primeira central que ficou conhecida como “Fábrica da Vila” [1].

2.2.2.1. Construção da primeira central - “Fábrica da Vila”

O edifício em alvenaria é composto por uma sala com aproximadamente 40 m² de área. Nesta sala foram instalados dois grupos produtores de 50 e 60 kVA cada.

As turbinas eram de fabrico S.A.T.H. BELL & C^a KRIENS e datadas de 1912. Os alternadores, da SOCIETE D'ELECTRCITE apresentavam as seguintes características:

	Alternador 1	Alternador 2
Corrente nominal	11 A	9 A
Tensão nominal	3150 V	3100 V
Rotação	600 r.p.m	600 r.p.m

Tabela 1 - Características dos Alternadores

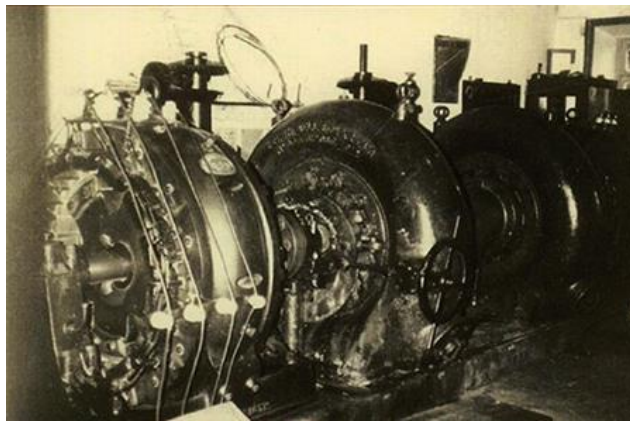


Ilustração 2 - Grupos geradores

A água era transportada por uma conduta de aço doce de 65 metros de comprimento e 0,8 de diâmetro. A altura de queda era de 36 metros e o caudal de 45 l/s.



Ilustração 3 - Antiga conduta de água da central



Ilustração 4 - Antiga central da Vila

Simultaneamente, decorriam os trabalhos na central e na sede do concelho, envolvendo a montagem da rede de distribuição de 3 x 110 V.

Concluía-se então, o estabelecimento do primeiro grupo, iniciando-se em seguida o lançamento da linha de “transporte” à tensão de 3 kV para a Vila. A título de curiosidade, esta foi uma das primeiras centrais a serem estabelecidas em Portugal e a gerar em alta tensão 3 kV [1].

2.2.3. Câmara Municipal de Ponta Delgada – Energia elétrica municipalizada

Em 1914, já a Câmara Municipal de Ponta Delgada pretendia servir a cidade com energia elétrica, solicitando a concessão para o aproveitamento das águas da Ribeira Grande. Numa reunião a 28 de janeiro de 1917 e pouco tempo depois, pelo decreto de 15 de Agosto do mesmo ano, a Câmara consegue a concessão provisória.

Esta concessão permitiu o estabelecimento de uma central hidroelétrica que passou a designar-se por “Central da Fajã Redonda”, localizada a montante do centro produtor já existente da Empresa de Electricidade e Gás, Lda, (EEG), a “Central do Salto do Cabrito”.

Por decreto, de 7 de Agosto de 1919, publicado no Diário do Governo nº188, II Série, obtém o Município de Ponta Delgada a concessão definitiva. Este assunto gerou revolta por parte da Empresa de Eletricidade e Gás, que solicitou recurso.

Não havendo possibilidade de acordo entre as partes, a Câmara Municipal de Ponta Delgada manda, em 1926, elaborar o projeto das suas instalações de produção, transporte e distribuição de energia elétrica, criando simultaneamente os Serviços Municipalizados [1].

2.2.3.1. Central da Fajã Redonda

A central foi construída na Ribeira Grande, num desaterro de 600 m². Tem uma sala de máquinas com 70 m² e um pé direito de 7 metros. Nesta sala, foram instalados no início de 1927, dois grupos de 310 kVA e, em 1935, um outro grupo de 390 kVA.

Para satisfazer o aumento dos consumos, a Câmara Municipal de Ponta Delgada, em 1950, instalou na sua central, um grupo térmico de 435 kVA.

Com a instalação deste grupo, a Central da Fajã Redonda passou a ser a primeira central de produção mista nos Açores [1].



Ilustração 5 - Instalações da central da Fajã redonda [1]

2.2.3.2. Linha de Transporte

A linha de transporte partia da subestação anexa à Central da Fajã Redonda, onde a tensão era elevada para 13 kV, seguindo para a linha de Ponta Delgada onde terminava.

Na sua construção foram utilizados postes de betão de oito metros de altura e isoladores do tipo Delta montados em triângulo [1].

2.2.3.3. Rede de Distribuição de Baixa Tensão

A rede de distribuição em baixa tensão era aérea, em condutor de cobre nú, com as secções de 6 a 50 mm² para as fases e de 6 a 10 mm² para a iluminação pública.

Na montagem dos condutores, utilizaram-se isoladores fixados a consolas e a suportes de ferro, ou, sobre postes, que no interior da cidade eram de betão ou de aço laminado sem costura e, na periferia, de madeira injetada.

A rede disponha de 10 transformadores, em banho de óleo, do tipo ODH da A.E.G., Berlim, com as seguintes potências:

- 1 de 187,5 kVA (150 kW);
- 4 de 62,6 kVA (50 kW);
- 5 de 37,5 kVA (30 kW).

Estavam instalados em cabines de alvenaria, dispostos em harmonia com as cargas das diferentes zonas. A distribuição fazia-se à tensão de 3 x 120 V e à frequência de 50 Hz.

Com estas instalações, a Câmara Municipal pretendeu explorar o comércio de energia elétrica, vendendo-a aos consumidores, dentro e fora da área da cidade de Ponta Delgada, e fornecer luz elétrica à cidade, em concorrência com a Empresa de Eletricidade e Gás.

Concluídas as instalações e cumpridas as formalidades legais, a 19 de Março de 1927, era inaugurada a iluminação elétrica “Municipalizada” na cidade de Ponta Delgada [1].

2.2.4. Federação dos Municípios de Ponta Delgada

A articulação entre os sistemas produtores e os sistemas distribuidores encontrava-se numa situação complicada. As redes de transporte e distribuição de energia não estavam em conformidade com as normas regulamentares e apresentavam um nível técnico precário e um dimensionamento incapaz de suportar as cargas a que estavam sujeitas.

De notar também que, as instalações elétricas de serviço particular apresentavam deficiências idênticas, afetando por isso, a segurança das pessoas e bens.

Com vista ao reordenamento do setor elétrico, o Governo a 15 de Dezembro de 1956, criou a Federação dos Municípios da Ilha de São Miguel, de modo a revigorar os aproveitamentos hidroelétricos e a eletrificação da ilha [1].

2.2.4.1. Principais atividades

Com a imediata transferência das instalações elétricas dos Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Ponta Delgada para a Federação, operada a 1 de Agosto de 1957, inicia esta entidade a sua atividade.

A 15 de Janeiro de 1958, a Federação toma posse das instalações da Empresa de Eletricidade de Gás, Lda., e da Elétrica da Povoação, que não tinham qualquer concessão, ficando assim, como a única entidade produtora e distribuidora.

O problema elétrico na Ilha de São Miguel não era só um problema de produção de energia, mas também de transporte, de transformação e de distribuição de energia elétrica. Com isto, para se poderem alcançar os objetivos em vista pela Federação, foram considerados em simultâneo os seguintes aspetos [1]:

- 1) A criação de novas fontes produtoras e sistemas de distribuição de energia que, permitissem, não só servir devidamente os aglomerados populacionais já abastecidos, mas também levar a energia a pontos importantes da ilha ainda não eletrificados;
- 2) A necessidade de beneficiações e melhoramentos de algumas centrais aproveitáveis e de unificação e remodelação das redes existentes.

2.2.4.1.1. Central Termoelétrica de Ponta Delgada

Atendendo ao facto de ser insuficiente a potência de que disponha a ilha de São Miguel e através da necessidade de envergar soluções mais rápidas, as construções dos aproveitamentos hidroelétricos ficaram de pé atrás e após severas críticas, foi contruída a Central Termoelétrica de Ponta Delgada, sendo escolhida para a sua localização o Caminho da Levada. A 20 de Novembro de 1958, o Ministro da Economia propôs a abertura de concurso para o fornecimento e montagem da central.

Nela foram instalados 3 grupos constituídos por:

- a) **Motores Diesel** a dois tempos, com injeção direta e sobre alimentação por turbo-alimentador, com acoplamento direto a alternadores e com as seguintes características:

	Motores Diesel
Nº Cilindros	8 em linha
Potência (regime contínuo)	2150 cv
Capacidade de sobrecarga	10%
Velocidade (rotação)	300 r.p.m

Tabela 2 - Características dos Motores Diesel [1]



Ilustração 6 - Motor Diesel da antiga central

Estes motores estavam acoplados a:

- b) **Geradores Síncronos** trifásicos, com as seguintes características:

	Geradores Síncronos (Alternadores)
Potência aparente	1900 kVA
Potência ativa	1520 kW
Fator de Potência	0,8
Velocidade (rotação)	300 r.p.m
Tensão nominal	10,5 kV = 5%
Frequência	50 Hz

Tabela 3 - Características dos Geradores Síncronos (Alternadores) [1]



Ilustração 7 - Alternador

O primeiro grupo arrancou a 2 de Novembro de 1960, o segundo a 24 de Fevereiro de 1961 e o terceiro a 12 de Dezembro de 1964.



Ilustração 8 - Quadros dos Grupos produtores

Simultaneamente foi contruída, anexa à central, a Subestação de Ponta Delgada, constituída por 2 pisos, tendo as 1º quatro celas, em duas das quais se instalaram dois transformadores de 5 MVA – 30/10 kV cada, ficando uma para a montagem de um compensador de fator de potência e a outra, como reserva.



Ilustração 9 – Painel Transformador I



Ilustração 10 – Painel Transformador II

No 2º piso, composto por uma ampla sala, montaram-se os barramentos de 10 e 30 kV e os disjuntores, instalados nas suas respetivas celas.

Estas instalações foram inauguradas, oficialmente a 4 de Agosto de 1961 [1].

2.2.4.1.2. Redes

A Federação procedeu também a diversos trabalhos nas redes, sendo os principais:

- a)** Remodelação da linha de interligação entre as subestações de Ponta Delgada (Caminho da Levada) e a dos Frades (Lagoa);
- b)** Estabelecimento e remodelação das linhas e ramais AT;
- c)** Estabelecimento das redes de distribuição de Ponta Delgada, das sedes dos concelhos e de algumas localidades mais importantes;
- d)** Remodelação e constituição de um número apreciável de postos de transformação;
- e)** Eletrificação da longínqua sede do concelho de Nordeste (única vila a eletrificar) e outras freguesias e lugares.

Todas estas instalações passaram a ser alimentadas às tensões de 30 kV, (linha de interligação das subestações), 10 kV e 380/220 V.

À medida que estes trabalhos decorriam, os consumidores procediam á total remodelação das suas instalações elétricas que, desde há muito tempo, não ofereciam as necessárias condições de segurança, não sendo, por isso, possível mantê-las ligadas às novas redes de serviço publico, que passaram também, a apresentar as características normalizadas [1].

2.2.5. Constituição de uma nova Entidade – Empresa Insular de Eletricidade

Nos últimos anos de existência da Federação, constatava-se que o ritmo da sua operacionalidade decrescia e, que as restrições de energia aumentavam.

Nascia assim, em Julho de 1969, a empresa que viria a substituir a Federação, a **Empresa Insular de Eletricidade**. No Diário do Governo nº132 – I Série, de 4 de Junho de 1969, foi publicado o Decreto-Lei nº49.042, em que o Governo promovia a constituição de uma empresa de economia mista, tendo por objetivo a produção, transporte e distribuição de energia elétrica em todo o concelho de Ponta Delgada [1].

2.2.5.1. Início e principais atividades

A necessidade de suportar as exigências dos consumos de energia e atenuar a insuficiência da potência instalada na região, levou a um planeamento energético mais rigoroso e a estudos que visavam a reorganização do setor elétrico em geral.

De um modo resumido, o gráfico seguinte demonstra todos as principais atividades que foram desenvolvidas pela Empresa Insular de Eletricidade nos primeiros anos de comando do setor elétrico [1].

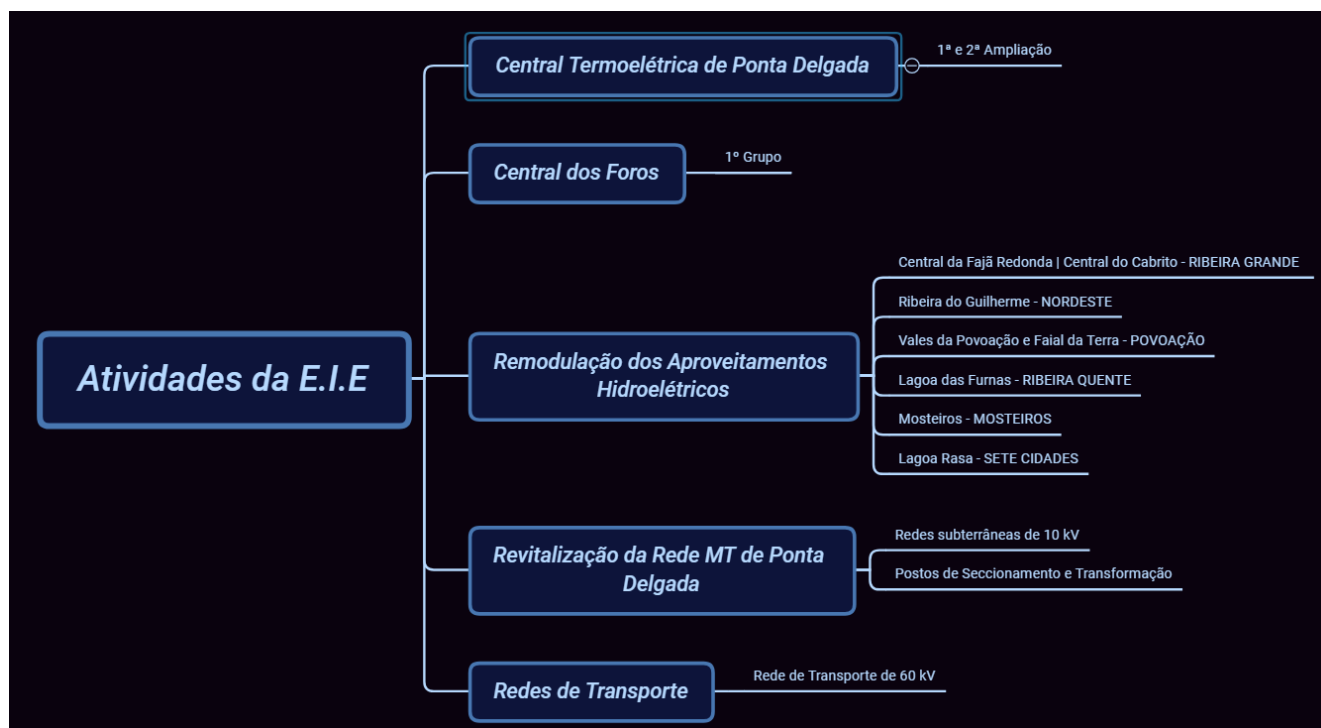


Gráfico 1 - Resumo das principais atividades da Empresa Insular de Eletricidade

2.3. Reorganização do Setor Elétrico dos Açores

A falta de coordenação das atividades da Empresa Insular de Eletricidade, a deficiência das instalações e a escassez de meios financeiros estavam na origem da má qualidade dos serviços prestados pela empresa. Estas circunstâncias alteraram o projeto inicial que apontava para a constituição de uma empresa unitária.

Esta alteração sugeria a criação de quatro empresas sub-regionais com meios, autonomia e dinâmica suficientes para a resolução dos problemas do setor nas seguintes ilhas:

- Flores e Corvo;
- Faial, Pico e São Jorge;
- Terceira e Graciosa;
- São Miguel e Santa Maria.

Cada empresa seria o resultado da fusão de organismos municipais, de federações de municípios, de serviços de estado e de outras empresas controladas pelo poder local. Esta situação não chegou a ser levada a cabo, ficando apenas com sede na Ilha de São Miguel e Santa Maria.

Com o intuito de reorganizar e coordenar todo o sector elétrico, foi proposto a constituição de uma empresa regional complementar, a empresa de Eletricidade dos Açores, E.D.A. Ficou estabelecido pela Secretaria Regional do Comércio e Indústria, que se reunissem todas as entidades produtoras e distribuidoras de energia elétrica, de modo a criar-se apenas uma única empresa [1].

2.3.1. E.D.A - Eletricidade dos Açores

A Empresa Insular de Eletricidade apresentava grandes lacunas na gestão do setor elétrico açoriano, não dando garantias nem condições de manter os seus serviços, como referido no tópico anterior.

Então, com a finalidade de transformar o setor e conferir à rede elétrica açoriana as características necessárias para desempenhar funções de uma infraestrutura economicamente viável, fundamental no processo de desenvolvimento dos Açores, o Secretário Regional do Comércio e Indústria, Américo Natalino de Viveiros, concebeu conjuntamente com o Diretor Regional de Energia, Engenheiro Deodato Chaves de Magalhães Sousa, uma proposta de Decreto Regulamentar Regional que visava a criação de uma empresa capaz de colmatar as necessidades sempre crescentes do subsector energético a nível regional, a eletricidade.

A 20 de junho de 1980, numa sessão da Assembleia Regional, ficou marcada a vontade política de todos os responsáveis em atribuir prioridade e importância, à problemática situação energética no Arquipélago dos Açores.

Nascia assim, a 1 de outubro de 1981, a empresa pública regional “Empresa de Eletricidade dos Açores, E.P”, abreviadamente reconhecida como E.D.A, tendo como principal objetivo o estabelecimento e exploração do serviço público de produção, transporte e distribuição de energia elétrica no Arquipélago [1].

2.3.1.1. Início e principais atividades (Ilha de São Miguel)

Foi no dia 1 de Janeiro de 1982 que marcou o início da atividade da E.D.A., com o processo de integração do património das entidades que se ocupavam da exploração do serviço público da energia elétrica (produção, transporte e distribuição), com exceção da Federação

dos Municípios da Ilha das Flores e as Câmaras Municipais da Praia da Vitória (Ilha Terceira) e do Corvo.

Como iria ser demasiado extenso, e tratando-se de dados históricos relativos ao início das atividades da EDA, o seguinte gráfico, realça os trabalhos efetuados mais importantes, destacando [1]:

- Aproveitamentos hidroelétricos;
- Centrais produtoras (Destaque para a **CT Termoelétrica do Caldeirão** é muito importante nos principais objetivos do documento)
- Redes de transporte e distribuição;
- Redes BT;
- Subestações e PT's.

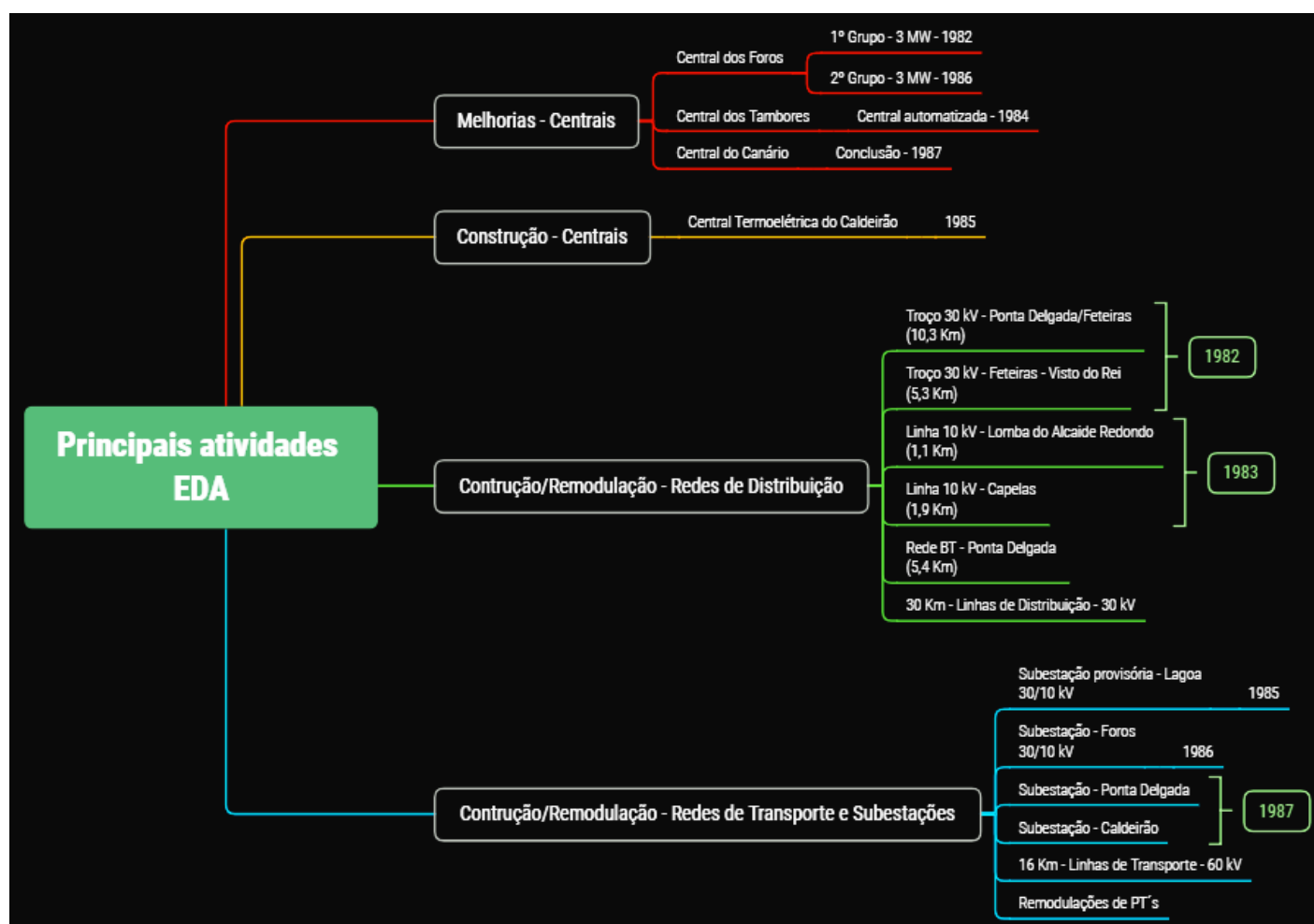


Gráfico 2 - Principais trabalhos no início das atividades da EDA

2.3.1.2. Central Termoelétrica do Caldeirão

A Central Termoelétrica do Caldeirão, situada na Estrada Adutora da Ribeira Grande era, e ainda é, a principal solução termoelétrica da ilha de São Miguel e de todo o Arquipélago dos Açores.

Surge nos anos oitenta pela necessidade de aumento da capacidade de produção de energia elétrica na ilha de São Miguel, e pela necessidade de desativação da Central Termoelétrica da Levada, em Ponta Delgada. É então, que em 1983 e 1984 foram lançados os concursos das empreitadas de construção civil, grupos termoelétricos, eletrificação geral e subestação.

Os trabalhos iniciaram-se em julho de 1985, sendo ainda neste ano adjudicadas as empreitadas da sala de comando e sala de relés. A construção da 1ª fase da Central foi concluída no ano de 1987.

A Central foi inaugurada a 29 de Maio de 1987, presidindo à cerimónia o Presidente do Governo Regional, acompanhado na mesa de honra pelo Secretário Regional do Comércio e Indústria, pelos presidentes do Concelho de Administração e da Comissão de Fiscalização e ainda pelo assessor Engenheiro Deodato Chaves de Magalhães de Sousa [1,2].



Ilustração 11 - Central Termoelétrica do Caldeirão [2]

2.3.1.2.1. Constituição geral de Central

A Central do Caldeirão está localizada num terreno com uma área total de cerca de 56.000 m², sendo constituída pelas seguintes áreas edificadas:

Áreas edificadas	
Zonas	Área (m ²)
Edifício principal	2700
Oficina de manutenção	480
Oficina elétrica	250
Grupos de Emergência	260
Edifício de inceneração	200
Portaria e Casa Bomba	145
Zona de escapes e radiadores	1135
Subestação 6,3/11/63 kV	5900
Parque de Tanques	470
Área coberta total	4430

Tabela 4 - Zonas e áreas edificadas

A constituição das edificações e estruturas da central é a seguinte [1,2]:

- **Edifício principal**

- Corpo central, com 3 pisos, com as seguintes instalações:

PISO 0 – Sala de baterias | sala de quadros | armazém | oficinas | instalações sociais | receção;

PISO 1 – Sala de relés | laboratório | refeitório;

PISO 2 – Sala de comando | gabinetes | instalações sociais.

- 1 Sala de máquinas de grupos e auxiliares, com os grupos MAK (grupos 1 a 4).
- 1 Zona de auxiliares, anexa à Sala de máquinas, interior e exterior, onde se encontram localizados os principais auxiliares dos grupos 1 a 4, incluindo o parque de radiadores, as caldeiras de vapor e chaminés.

- **Subestação 6,3/63 kV** (ligação da Central à rede de transporte de 63 kV), composta por 3 partes distintas:
 - Parque exterior de 63 kV, constituído por duplo barramento, 4 painéis de chegada dos grupos 1 a 4, 3 painéis das 3 saídas de transporte e painéis de paralelo de barras e medida de barramentos;
 - Posto de seccionamento de 6,3 kV, em alvenaria, barras de cobre nú e celas abertas, de chegada, proteção e ligação dos alternadores dos grupos 1 a 4, incluindo os transformadores 6,3/0,4 kV de alimentação dos respetivos auxiliares (2 x 630 kVA e 2 x 250 kVA);
 - Parque de transformadores de potência de 6,3/63 kV, com 4 transformadores de 10 MVA, em celas anexas aos postos de seccionamento.
- **Parque de armazenamento de combustíveis** (tanques de gasóleo, fuelóleo e óleo de lubrificação).
- **Edifício de estação de bombagem** (tratamento e transfega de combustível);
- **Edifício da portaria**, sistema de combate a incêndios, sistema de água e grupo de emergência da instalação.

2.3.1.2.2. Ampliação da Central

No âmbito do projeto de ampliação da central, foram introduzidas e /ou modificadas as seguintes edificações:

- 1 Sala de máquinas, para nascente do corpo da central, com 3 módulos, sendo 2 destinados aos grupos nº5, 6 e 1 para operações de manutenção.
- 1 nova zona de equipamentos auxiliares mecânicos (B1) e equipamentos auxiliares elétricos de comando e controlo (B2), parque de radiadores do sistema de refrigeração e torre de suporte para tubagens de escape e sistemas de recuperação de calor (B3).
- Ampliação da Subestação de ligação a rede de transporte, considerando:
 - Ampliação do parque exterior de 63 kV, com dois novos painéis de 63 kV de chegada dos grupos 5 e 6 e espaço para os painéis dos grupos 7 e 8.

- 1 novo Posto de Seccionamento de 11 kV, num edifício próprio, de ligação dos grupos do parque de 63 kV, incluindo os transformadores auxiliares 11/0,4 kV dos grupos (2 x 1000 kVA).
- 1 Parque de Transformadores de potência de 11/63 kV, exterior, com 2 transformadores de 14/23 MVA, anexo ao Posto de Seccionamento de 11 kV.

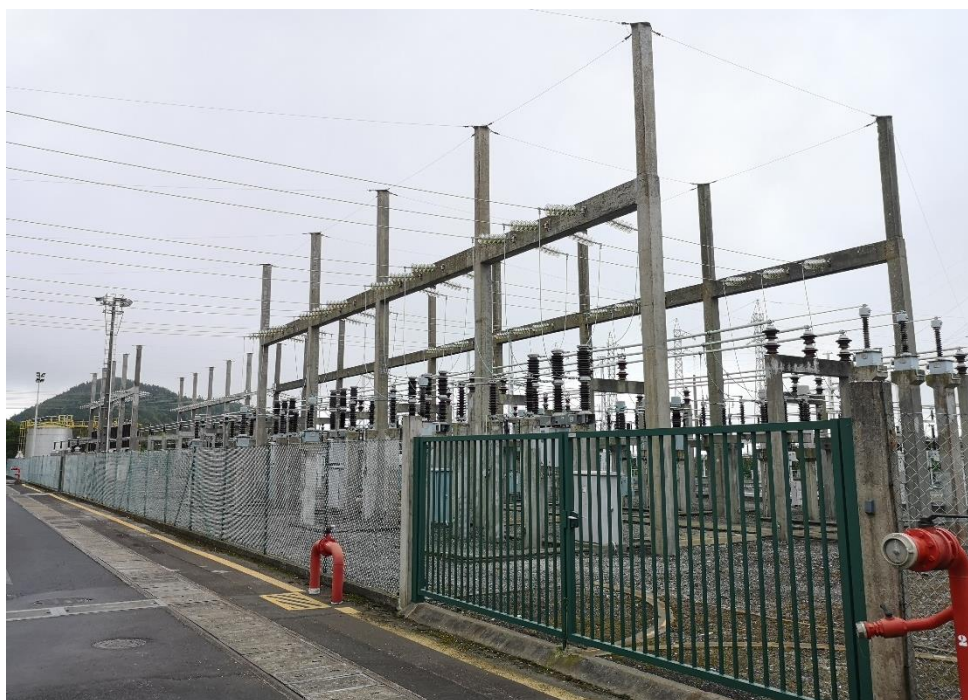


Ilustração 12 - Subestação depois da ampliação

- Ampliação do Parque de armazenamento de combustíveis, incluindo o melhoramento dos tanques e infraestruturas existentes e impermeabilização.
- 1 novo edifício de estação de bombagem, tratamento e transfega de combustível.
- 1 nova cisterna de água, com estação de tratamento.
- 1 novo edifício para o equipamento de inceneração.
- 1 novo parque de tanques de amónia, para alimentação dos equipamentos de desnitrificação (*DENOX*).
- 1 conjunto de caleiras, entre edifícios, para tubagens e cabos elétricos.
- Ampliação dos arruamentos, sistema de drenagens e arranjos exteriores.

O sistema de alimentação de corrente contínua de 110/24 Vcc da Central foi totalmente remodelado, tendo sido instalado um sistema de retificadores/baterias de 110 Vcc redundantes, com capacidade para toda a central, e sistemas de 24 Vcc distribuído pelos diversos quadros da instalação. O sistema de baterias está presente na ilustração seguinte.

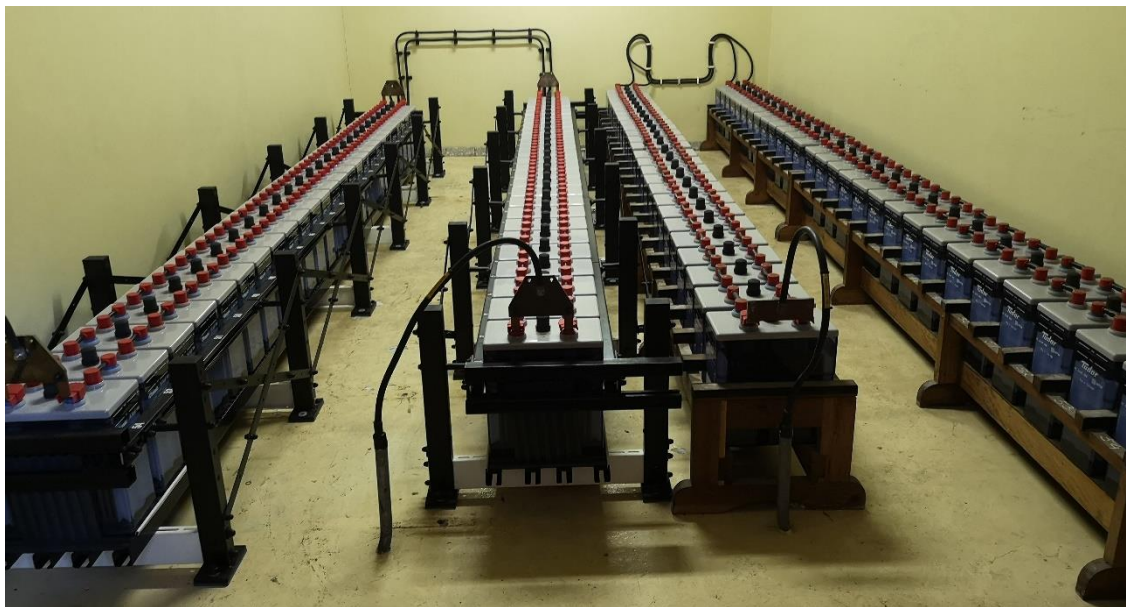


Ilustração 13 - Sistema de retificadores/baterias da central

Para alimentação do equipamento informático, foram instalados respetivamente 1 ondulador de 110 Vcc/230 Vac, e 2 unidades de alimentação UPS, com funcionamento redundante.



Ilustração 14 - Ondulador 110 Vcc/230 Vac



Ilustração 15 - UPS nº1



Ilustração 16 - UPS nº2

Como alimentação de emergência da central, existe um grupo gerador de emergência para arranque dos serviços auxiliares com uma potência de 350 kVA, 400/230 V, ligado diretamente aos Quadros Gerais de Baixa Tensão, com arranque automático em caso de falha dos dois grupos geradores.

Aquando da ampliação surgiu mais um grupo de emergência (Grupo 2), como é visível na ilustração seguinte [1][2].



Ilustração 17 - Grupo de emergência n°1 e n°2

2.3.1.2.3. Principais Sistemas e Equipamentos

2.3.1.2.3.1. Equipamento Mecânico

2.3.1.2.3.1.1. Motores Diesel

Na central termoelétrica do Caldeirão, a produção de energia elétrica é conseguida através de uma solução térmica convencional, sendo os grupos geradores, alternadores síncronos trifásicos acionados pelos respectivos motores térmicos. Os motores diesel Krupp Mak foram os primeiros a serem instalados na Central e detêm as seguintes características:

MOTOR DIESEL	GRUPOS DE PRODUÇÃO - MAK
Marca	Krupp Mak
Tipo	M60 1
Pot.Máx Contínua (kW)	8000
NºCilindros	18
Diâmetro cilindros	580
Curso êmbolo	600
Velocidade rotação	428 rpm

Tabela 5 - Características dos motores diesel – MAK [2]



Ilustração 18 - Grupos de produção MAK

Os motores da marca WARTSILA, foram instalados depois dos quatros grupos MAK estarem instalados. Estão preparados para queimar combustível residual, ou seja, Fuelóleo, de viscosidade até 380 cSt a 50° C (CIMAK K55).

Estes, sendo mais robustos, apresentam as seguintes características:

MOTOR DIESEL	GRUPOS DE PRODUÇÃO - WARTSILA
Marca	Wartsila
Tipo	18V46
Pot.Máx Contínua (kW)	17000
NºCilindros	18
Diâmetro cilindros	460
Curso êmbolo	580
Velocidade rotação	500 rpm
Sobrealimentador	ABB TPL77

Tabela 6 - Características dos motores diesel – Grupos WARTSILA [2]



Ilustração 19 - Grupos de produção WARTSILA



Ilustração 20 - Grupos de produção WARTSILA

Todos os sistemas auxiliares foram projetados tendo em conta a correta adequação ao funcionamento contínuo da instalação, para as condições mais diversas.

Os arrefecimentos dos motores são feitos por circulação de água em circuito fechado, através de radiadores exteriores.



Ilustração 21 - Parque de radiadores dos Grupos de produção MAK



Ilustração 22 - Parque de radiadores dos Grupos de produção WARTSILA

Os sistemas de óleo de lubrificação dos motores foram concebidos e dotados com os equipamentos indispensáveis para uma eficiente filtragem e depuração do lubrificante. Estes estão equipados com bombas duplas, filtros automáticos e filtros duplex de malha metálica, para além do sistema de depuração de funcionamento automático [2].

Os motores estão equipados com os seguintes auxiliares:

- a) Sistema de combustível, gasóleo e fuelóleo;
- b) Sistema de ar comprimido para arranque e controlo;
- c) Sistema de óleo de lubrificação, com refrigeração por radiador;
- d) Sistema de água de refrigeração, por radiadores;
- e) Sistema de vapor por caldeiras de recuperação de calor dos gases de escape.

2.3.1.2.3.2. Equipamento elétrico

2.3.1.2.3.2.1. Alternadores Síncronos Trifásicos

O alternador como se sabe, é responsável por transformar a energia mecânica em energia elétrica. Esta energia elétrica sai do alternador sob a forma trifásica numa montagem em estrela (mesma amplitude, frequência e um desfasamento de 120° entre si).

Estes funcionam de acordo com o princípio da indução eletromagnética, onde a corrente elétrica contínua flui através dos enrolamentos do rotor (enrolamentos indutores ou pólos), criando um campo magnético variável que induz movimento dos eletrões nas bobinas do estator, resultando assim em corrente alternada.

A rotação neste tipo de alternadores é diretamente proporcional à frequência e inversamente proporcional ao número de pares de pólos no rotor.

São basicamente constituídos por um **estator** e por um **rotor**. O estator é constituído por uma carcaça, pelo núcleo do induzido e os respetivos enrolamentos do induzido.

A carcaça, essencialmente tem função de suporte mecânico do estator, suportando um núcleo de material ferromagnético sob o qual, em cavas, se encontram distribuídos os enrolamentos do induzido.

O núcleo do induzido permite uma indução magnética intensa. Nos enrolamentos do induzido sai a corrente alternada, sendo que estes estão normalmente distribuídos ao longo da periferia.

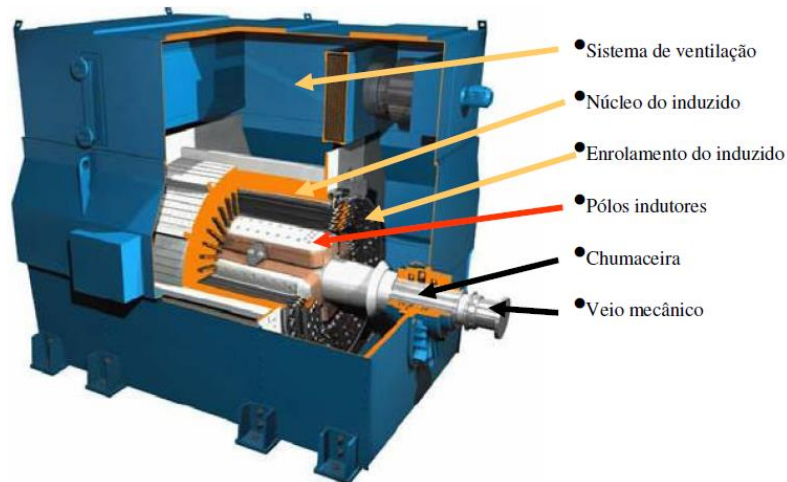


Ilustração 23 - Imagem representativa de um alternador síncrono trifásico

A corrente elétrica contínua é fornecida aos pólos indutores através de um sistema sem escovas através de uma outra máquina denominada de excitatriz. Esta máquina é semelhante ao alternador síncrono, mas com a diferença de o rotor e estator executarem funções inversas.

A corrente que sai da excitatriz é alternada e como não é compatível com o tipo de corrente que entra no rotor do alternador (corrente contínua), é posto na sua saída uma ponte retificadora que faz a conversão da corrente alternada para contínua [2].



Ilustração 24 - Excitatriz

Esta ponte retificadora é basicamente constituída por um conjunto de diodos de silício, como mostra a seguinte ilustração:

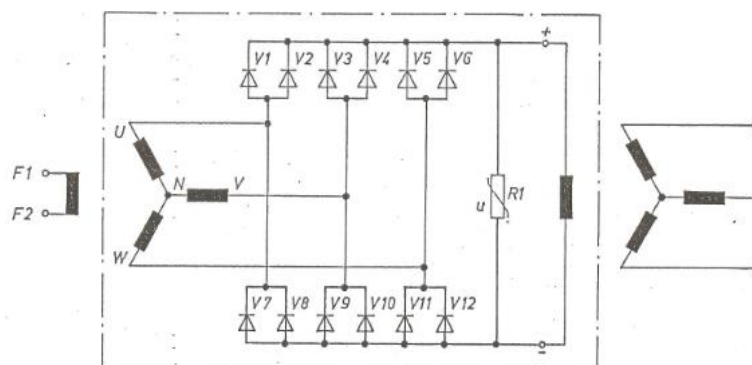


Ilustração 25 – Esquema elétrico da ponte retificadora de diodos

Esta central dispõe de oito alternadores, nos quais quatro agregados aos grupos de produção *MAK* produzem cerca de 6.3 KV cada e quatro interligados com os grupos de produção *WARTSILA* que produzem 11 KV cada um.

Os alternadores dos grupos MAK são da marca Siemens e as seguintes características estão presentes na seguinte tabela:

ALTERNADOR	GRUPOS DE PRODUÇÃO - MAK
Fabricante	Siemens
Modelo	1 DK 5726-4 de 07-z
Potência	9 620 kVA
Tensão	6,3 kV
Frequência	50 Hz

Tabela 7 - Características dos alternadores dos Grupos MAK [2]



Ilustração 26 - Alternadores dos grupos de produção MAK

Os alternadores dos grupos **WARTSILA** são bem diferentes e, por sua vez, apresentam as seguintes características:

ALTERNADOR	GRUPOS DE PRODUÇÃO - WARTSILA
Fabricante	ABB
Modelo	AMG 1600
Potência	21 282 kVA
Tensão	11000 V
Tipo de Excitatriz	Excitatriz s/ escovas
Refrigeração	Auto
Velocidade rotação	500 rpm
Frequência	50 Hz

Tabela 8 - Características dos alternadores dos grupos WARTSILA [2].



Ilustração 27 - Alternadores dos grupos de produção WARTSILA

São máquinas de pólos salientes, com arrefecimento a ar em circuito aberto, e com chumaceiras lubrificadas, com excitação do tipo sem escovas, a com uma tensão de 118,6 V e corrente de 10,9 A. É também composto por um sistema de regulação de tensão tipo AVR duplo, com comutação manual em caso de falha.

O regulador de tensão (AVR) é um equipamento que controla a informação da magnitude da tensão á saída do alternador e atua na excitatriz, impondo mais ou menos corrente nos enrolamentos, igualando assim a tensão na rede [2].

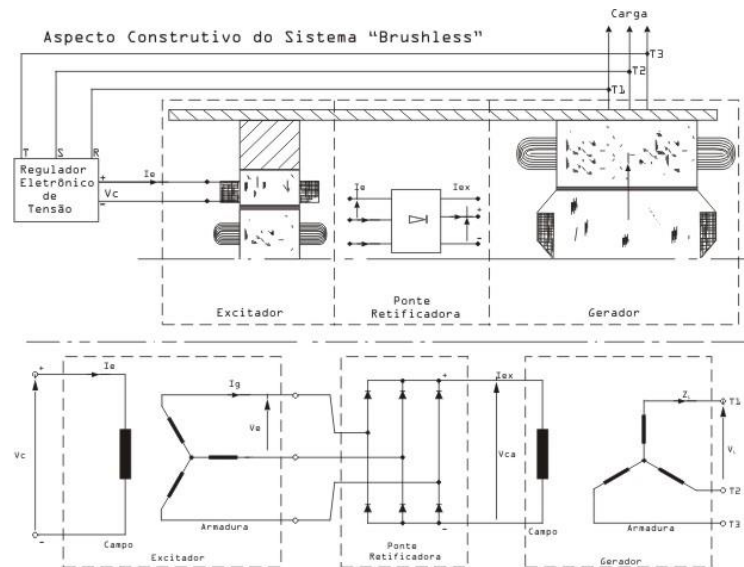


Ilustração 28 – Esquema elétrico de controlo do AVR e ponte retificadora



Ilustração 29 – Reguladores de tensão AVR duplos

2.3.1.2.3.2.2. Transformadores de Potência

A tensão de saída dos alternadores dos Grupos MAK é 6,3 kV e 11 kV para os Grupos WARTSILA. Estas tensões são elevadas através dos transformadores de potência de cada grupo para os 63 kV [2].

Os transformadores de potência dos grupos MAK são da marca Siemens e possuem as seguintes características:

TRANSFORMADORES	GRUPOS DE PRODUÇÃO - MAK
Fabricante	Siemens
Potência aparente	6/10 MVA
Relação Transformação	6,3/63 kV
Grupo de Ligação	YND5
Arrefecimento	ONAN/ONAF

Tabela 9 - Características dos Transformadores de Potência dos grupos MAK [2].



Ilustração 30 - Transformador de Potência do grupo 4 (MAK)



Ilustração 31 - Transformadores de Potência dos Grupos MAK

Os transformadores de potência dos grupos **WARTSILA**, por sua vez, também são da marca Siemens e possuem as seguintes características:

TRANSFORMADORES	GRUPOS DE PRODUÇÃO - WARTSILA
Fabricante	Siemens
Potência aparente	14/23 MVA
Relação Transformação	11/63 kV
Grupo de Ligação	YND5
Regulação (carga)	21 Tomadas 1%
Arrefecimento	ONAN/ONAF

Tabela 10 - Características dos Transformadores de Potência dos Grupos **WARTSILA** [2]



Ilustração 32 - Transformador de Potência do grupo 5 (WARTSILA)



Ilustração 33 - Transformadores de Potência dos grupos **WARTSILA**

2.3.1.2.3.2.3. Transformadores Auxiliares

Os grupos de produção MAK têm uma particularidade quanto aos seus transformadores auxiliares, sendo que os grupos nº1 e 2 apresentam características diferentes dos grupos nº3 e 4. Na tabela 10 está presente as características dos transformadores dos grupos de produção nº1 e 2 e na tabela 11, por sua vez, as características dos transformadores dos grupos de produção.

TRANSFORMADORES AUXILIARES	GRUPOS DE PRODUÇÃO 1 e 2 - MAK
Fabricante	Siemens
Potência aparente	630 kVA
Relação Transformação	6,3/0,4/0,23 kV
Arrefecimento	Ar

Tabela 11 - Características dos transformadores auxiliares dos grupos de produção nº1 e 2 (MAK) [2]



Ilustração 34 - Transformador Auxiliar do grupo nº1 (igual ao transformador do nº2)

TRANSFORMADORES AUXILIARES	GRUPOS DE PRODUÇÃO 3 e 4 - MAK
Fabricante	Siemens
Potência aparente	250 kVA
Relação Transformação	2,5/0,4/0,23 kV
Arrefecimento	Ar

Tabela 12 - Características dos transformadores auxiliares dos grupos de produção nº3 e 4 (MAK) [2]



Ilustração 35 - Transformador Auxiliar do grupo nº4 (igual ao transformador do nº3)

Os grupos de produção WARTSILA (Grupos 5, 6, 7 e 8) possuem transformadores auxiliares de 11/0,4 kV, 1000 kVA, ligados aos 11 kV, alimentando os Quadros de Auxiliares dos respectivos grupos. As suas características estão presentes na seguinte tabela: [2].

TRANSFORMADORES AUXILIARES	GRUPOS DE PRODUÇÃO - WARTSILA
Fabricante	Siemens
Potência aparente	1000 kVA
Relação Transformação	11/0,4/0,23 kV
Grupo de Ligação	Dyn11
Arrefecimento	Ar

Tabela 23 - Características dos transformadores auxiliares dos Grupos WARTSILA [2]



Ilustração 36 - Transformador Auxiliar do Grupo 8 (WARTSILA)

2.3.1.2.3.3. Sistema de Comando e de Controlo

A filosofia adotada para o comando e supervisão da ampliação da central foi concebida de forma a introduzir os benefícios advindos de uma moderna automatização de processos industriais, efetuada através de um sistema de controlo distribuído.

No âmbito do projeto de ampliação, o sistema de automação existente, da Siemens, foi totalmente remodelado e, os sinais dos equipamentos existentes revitalizados, tendo sido instalado um novo sistema de operação e informação da ABB, do tipo *Advant Control*, com duas redes de dados, respetivamente tipo *ethernet* e *fieldbus*, ambas redundantes, constituído por autómatos redundantes, relativos aos grupos de produção, auxiliares comuns e subestação 6,3/11/63 kV, por unidades E/S's distribuídas pela instalação e terminais gráficos de processo tipo *workstation*, com impressoras.

O Software da aplicação do sistema permite uma visualização totalmente gráfica, com ícones e janelas, dos equipamentos da Central, com informação em tempo real dos mesmos, e com acumulação em base de dados histórica das informações de exploração.

As principais funções do sistema estão ligadas à supervisão e controlo de todos os grupos, e respetivos sistemas auxiliares mecânicos e elétricos, subestação, sistemas auxiliares de corrente contínua e de corrente alternada, incluindo a monitorização dos quadros elétricos principais, possuindo como principais e características mais revelantes as seguintes:

- a)** Arranque, sincronização e paragem dos grupos geradores;
- b)** Supervisão de operação dos grupos;
- c)** Supervisão de operação de todos os sistemas auxiliares mecânicos e elétricos dos grupos;
- d)** Sincronização automática de saídas de linhas de distribuição e entre barramentos da subestação e do sistema de Baixa Tensão 400V;
- e)** Gestão otimizada de cargas, com partilha de carga entre os grupos de operação;
- f)** Controlo automático de tensão nos barramentos de geração;
- g)** Registo de contagens energéticas de produção ativa/reactiva dos grupos existentes e novos, de energia ativa das saídas de distribuição e auxiliares e contagens de consumo de combustível e de óleo;
- h)** Impressão continua dos principais alarmes e eventos dos sistemas;

- i) Registo, em base de dados, de todos os parâmetros operacionais da Central, com acumulação programada ao minuto, à hora, dia, mês e ano.
- j) Visualização/impressão de gráficos de tendência de todos os parâmetros operacionais dos equipamentos elétricos e mecânicos;
- k) Capacidade de monitorização das principais componentes do sistema de controlo distribuído, com a visualização dinâmica, nos próprios terminais *workstation*, do equipamento de automação instalado.

Em termos de revitalização dos equipamentos, os equipamentos de controlo dos grupos n.ºs 1 a 4 foram atualizados à semelhança dos grupos novos, tendo sido instalados reguladores de velocidade digitais, de modelo 723 DIGITAL da WOODWARD, reguladores de tensão (AVR's) da ABB Unicontrol, duplos (para o caso dos novos grupos) e proteções elétricas ABB tipo REM 543 e SPAD 346C [2].



Ilustração 37 - Regulador de velocidade (723 DIGITAL)



Ilustração 38 – Regulador de tensão da ABB (depois da ampliação) [18]



Ilustração 39 – Proteção elétrica ABB (REM 543)

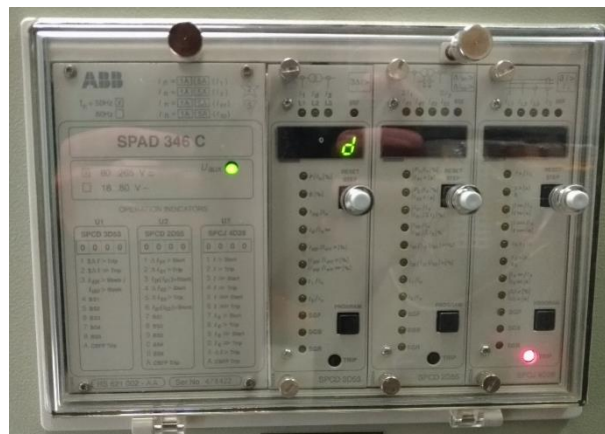


Ilustração 40 – Proteção elétrica ABB (SPAD 346C)

Nos transformadores auxiliares dos novos grupos foram instaladas proteções SIPROTEC 7SJ531 da marca Siemens [2].



Ilustração 41 - Proteção dos transformadores auxiliares (SIPROTEC 7SJ531) [2]

2.3.1.2.3.4. Combustíveis

O parque de combustíveis existente é composto pelos seguintes equipamentos:

- a) Dois reservatórios de 2500 m³ para combustível pesado;
- b) Dois reservatórios de 200 m³ para combustível pesado tratado;
- c) Dois reservatórios de 100 m³ para combustível pesado tratado;
- d) Dois reservatórios de 60 m³ para combustível pesado (sedimentação);
- e) Um reservatório de 150 m³ para combustível pesado (sedimentação);
- f) Dois reservatórios de 250 m³ para combustível ligeiro;
- g) Dois reservatórios de 50 m³ óleo [2].



Ilustração 42 - Abastecimento de combustível na central



Ilustração 43 - Transporte de combustível até aos tanques



Ilustração 44 – Zona 1 do parque de combustíveis



Ilustração 45 – Zona 2 do parque de combustíveis

A estação de tratamento e trasfega é composto por:

- a)** Duas bombas para combustível pesado com capacidade para 45 m³/h cada;
- b)** Duas bombas para combustível pesado com capacidade para 36,7 m³/h cada;
- c)** Duas bombas para combustível pesado com capacidade para 15 m³/h cada;
- d)** Duas bombas de óleo com capacidade para 50 m³/h cada;
- e)** Uma bomba de óleo com capacidade para 7,8 m³/h cada;
- f)** Coletores de alimentação e descarga;

- g) Sistemas de distribuição;
- h) Quadros de alimentação, comando, controlo e monitorização.



Ilustração 46 - Zona de transfeço e tratamento de combustível

Foram introduzidos mais 3 tanques para manuseamento e tratamento de combustível pesado, e mais um tanque para o sistema de controlo/tratamento de efluentes oleosos. Estes reservatórios possuem a forma cilíndrica, de eixo vertical, e são de construção soldada e do tipo atmosférico.

O parque de combustíveis foi também alvo de melhoramento, com a impermeabilização da zona circundante, e instrumentação de níveis e de equipamento de válvulas e bombas, com integração no sistema de operação e informação da central [2].

2.3.1.2.3.5. Sistema de Tratamento de Água

O sistema de tratamento de água foi significativamente remodelado, permitindo um tratamento à globalidade de água da Central, tendo sido introduzido um sistema de análise em contínuo e doseamento controlado do tratamento químico requerido.

É constituído pelos seguintes elementos:

- a) Um reservatório com capacidade para 200 m³;
- b) Dois reservatórios com capacidade para 50 m³;
- c) Uma central hidropneumática com capacidade para 3x15 m³/h;
- d) Uma central hidropneumática com capacidade para 3x10 m³/h;
- e) Dois filtros multimédia CULLIGAN;
- f) Dois filtros de carvão CULLIGAN;
- g) Dois descalcificadores;
- h) Um medidor de PH;
- i) Unidade de medição em contínuo e unidade de doseamento automático [2].



Ilustração 47 - Bombas, filtros e central hidropneumática do sistema de tratamento de água



Ilustração 34 - Vários reservatórios do sistema de tratamento de água

2.3.1.2.3.6. Ambiente

No âmbito do projeto de ampliação da CT do Caldeirão foram introduzidas medidas de contenção e controlo, de forma a minimizar os efeitos dos resíduos produzidos.

No que respeita às emissões gasosas, e conjuntamente com os novos grupos n.ºs 5 e 6, foram instalados 2 reatores catalíticos (desnitrificadores), utilizando amónia hidro 25% como regente, com doseamento automático por controlo e análise em contínuo. Para o efeito, foi ainda instalado um sistema de armazenamento de amónia, com tanque e equipamento de bombagem e doseamento (hoje em dia em desuso).

Em termos de efluentes líquidos, os sistemas de efluentes carregados e leves foram sujeitos a significativas modificações, tendo sido instalados novos sistemas de tratamento, separação de borras e inceneração, com a separação completa do sistema de águas pluviais da Central, considerando o seguinte:

- a) Três fossas de decantação;
- b) Um conjunto de quatro *skimmers*;
- c) Um sistema monitor da qualidade da água residual;
- d) Uma centrífuga de 500 l/h para borras de combustível;
- e) Um conjunto de tanques de borras;
- f) Dois incineradores, um de 200 l/h para borras e outro de 230 kg/h para sólidos [2].

2.3.1.2.3.7. Segurança contra incêndios

O sistema de combate a incêndios foi alvo de completa remodelação, tendo sido introduzida uma filosofia de sistemas distribuídos, projetados de modo a satisfazer as normas NFPA.

A constituição do sistema é a seguinte:

- a) Um reservatório cisterna com capacidade para 200 m³, com interligação a uma 2^a cisterna de 200 m³;
- b) Uma bomba elétrica de 150 m³/h, 10 kg/cm²;
- c) Uma bomba diesel de 150 m³/h, 10 kg/cm²;
- d) Reservatórios de espumífero de 5 m³;
- e) Rede geral com hidrantes e armários dotados de equipamento de combate a incêndio;
- f) Rede de rega aos tanques de combustível;

- g) Rede de espumífero aos tanques;
- h) Rede de distribuição aos transformadores de potência dos grupos.

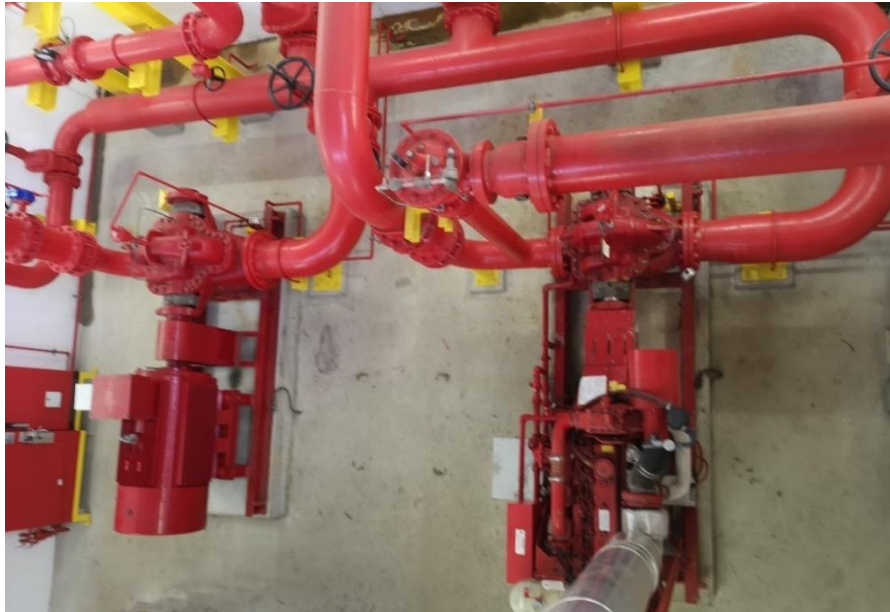


Ilustração 49 - Rede de combate a incêndios

Paralelamente ao sistema de combate a incêndios, foi igualmente instalado um novo sistema de detecção de incêndios, com captores e sensores térmicos e óticos nos principais locais da Central, e com consola de comando e sinalização instalada na Sala de comando da Central [2].



Ilustração 50 - Central de deteção de incêndios



Ilustração 51 - Central de extinção de incêndios

2.3.1.2.3.8. Sistema de Automação da Central

2.3.1.2.3.8.1. Autômatos

Atualmente, a central está equipada com um sistema de automação da marca ABB, modelo Advant Controller 450 (AC450), cuja gestão e monitorização é feita através de um sistema de supervisão e controlo do tipo ABB System 800xA.

De um modo muito geral, como é visível no gráfico seguinte, o sistema de automação existente é composto por quatro autômatos principais, sendo um deles designado à gestão e controlo dos sistemas auxiliares comuns (elétricos e mecânicos) da central e os outros três, ligados à gestão e controlo dos sistemas auxiliares (elétricos e mecânicos) dos grupos de produção [3].

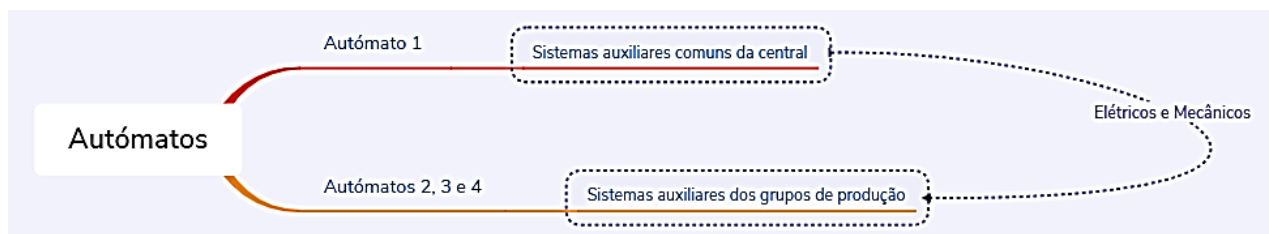


Gráfico 3 - Resumo da distribuição dos autômatos pelas suas funções

- **Autômato 1 (quadro CFA902)**
 - Lógica e aquisição de sinais para a gestão e controlo dos sistemas auxiliares comuns (elétricos e mecânicos).



Ilustração 52 - Quadro dos sistemas auxiliares comuns (Exterior CFA902)

- **Autômato 2 (quadro CFC041)**
 - Lógica e aquisição de sinais para a gestão e controlo dos sistemas (elétricos e mecânicos) dos grupos de produção 1 a 4 (MAK).



Ilustração 53 - Quadro do Grupo 4 (Exterior CFC041)



Ilustração 54 - Autômatos dos Grupos 1, 2, 3 e 4 (Interior CFC041)

- **Autômato 3 (quadro CFC051)**
 - Lógica e aquisição de sinais para a gestão e controlo dos sistemas (elétricos e mecânicos) dos grupos de produção 5 e 6 (WARTSILA).



Ilustração 55 - Quadro do Grupo 5 (Exterior CFC051)



Ilustração 56 - Autômetro dos Grupos 5 e 6 (Interior CFC051)

- **Autômetro 4 (quadro CFC071)**
 - Lógica e aquisição de sinais para a gestão e controlo dos sistemas (elétricos e mecânicos) dos grupos de produção 7 e 8 (WARTSILA) [3].



Ilustração 57 - Quadro do Grupo 7 (Exterior CFC071)



Ilustração 58 - Autômato dos Grupos 7 e 8 (Interior CFC071)

2.3.1.2.3.8.2. Supervisão e rede de comunicação

A infraestrutura de supervisão existente é gerida por um sistema ABB 800xA 5.1 e é constituída principalmente por quatro terminais de operação (*workplaces*), interligados por uma rede de supervisão TCP/IP.

- Um terminal de engenharia;
- Uma impressora;
- Dois *switches* industriais;
- Dois *aspect* servers;
- Dois *connectivity* servers;
- Um *history* server.

Existem ainda, dois terminais de operação do sistema original (UNIX) conectados diretamente à rede de controlo MasterBus 300 (MB300) e interligados à rede TCP/IP.

Na ilustração seguinte, está presente um exemplo da rede de controlo MB300 e a interligação dos terminais de operação à rede de supervisão TCP/IP, como referido em cima [3].

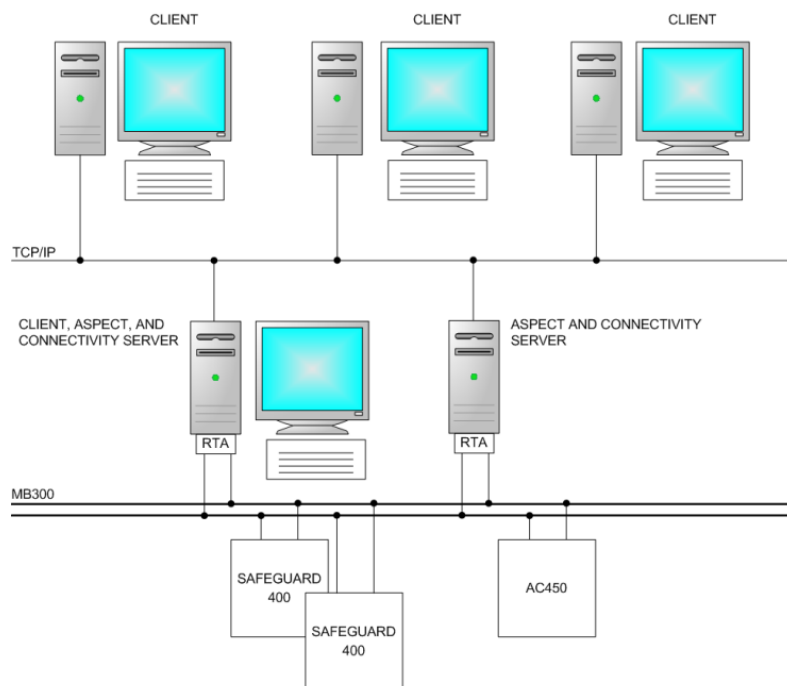


Ilustração 59 - Exemplo representativo da interface de dados entre a rede de supervisão e a rede de controle [17]

2.3.1.2.3.8.3. Controlo e rede de comunicação

A interface de dados entre a rede de supervisão 800xA e a rede de controlo MB300 é realizada através de duas RTA's externas e redundantes, do tipo PU410 e quatro *media converters*. O sistema de controlo é constituído pelos quatro autómatos ABB AC450, como já foi referido.

O autómato responsável pela gestão e controlo dos **sistemas auxiliares elétricos e mecânicos comuns**, é composto pelos seguintes elementos:

- Dois módulos de processamento (CPU) redundantes, de modelo PM511 (microprocessador Motorola 68040), com velocidade de processamento de 25 MHz.



Ilustração 60 - Módulo de processamento PM511 [18]

- Dois módulos de comunicação MasterBus 300 redundantes, de modelo CS513, para interligação à rede de controlo redundante (NET 15 e NET 16).



Ilustração 61 - Módulo de comunicação CS513 [18].

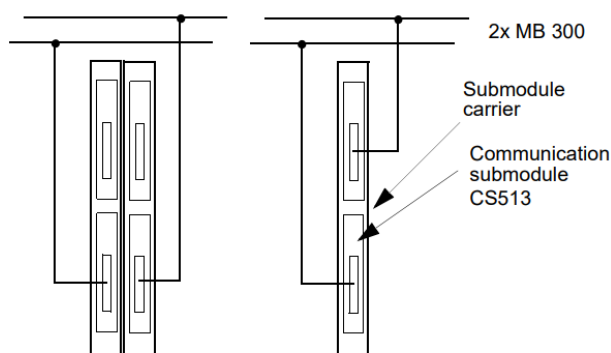


Ilustração 62 - Esquema representativo da conexão do módulo de comunicação CS513 à rede MB300 [18]

- Dois módulos de comunicação Advant Fieldbus 100 (AF100), de modelo CI522, para interligação às unidades de aquisição de dados remota (*bus* de campo). Cada uma das cartas de comunicação CI522 possui dois canais (comunicação redundante).



Ilustração 63 - Modelo de comunicação AF100 (CI522) [18]

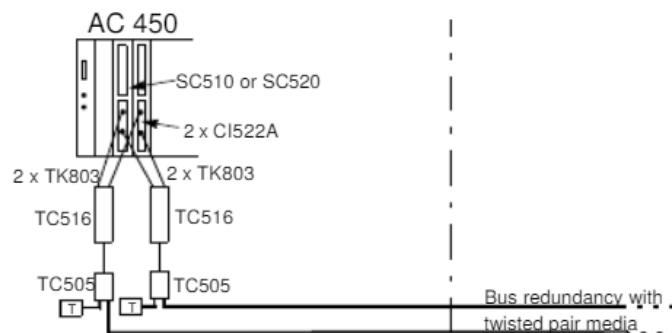


Ilustração 64 - Esquema representativo do módulo de comunicação CI522 [18]

- Dois módulos de comunicação MVI-RS232, para protocolo Modbus, de modelo CI532 V02, utilizado para interface com os equipamentos elétricos de monitorização e medida.

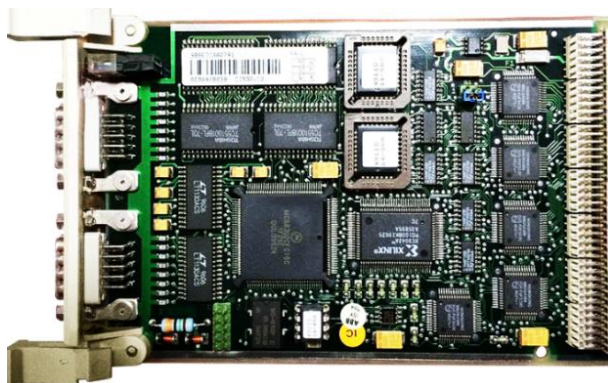


Ilustração 65 - Módulos de comunicação MVI-RS232 [18]

- Um módulo de comunicação de programação livre, de modelo CI535 V23 MVI, utilizado para interface com o terminal do despacho da EDA, localizado na Sala de Comando da central. O protocolo utilizado é o RP570, através de uma *gateway* RP570-F4F.



Ilustração 66 - Módulo de comunicação para interface com o despacho EDA [18]

- Um módulo CI513 para comunicação do tipo RS-232-C/V.24, utilizado para interface com a central de sincronização horária (Master Time Center).



Ilustração 67 - Módulo para interface com a central de sincronização horária [18]

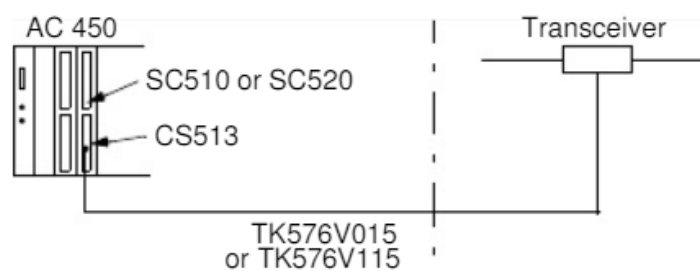


Ilustração 68 - Esquema representativo do módulo de comunicação CS513 [18]

- Um módulo de interface com a memória programável PCMCIA, de modelo MB510.

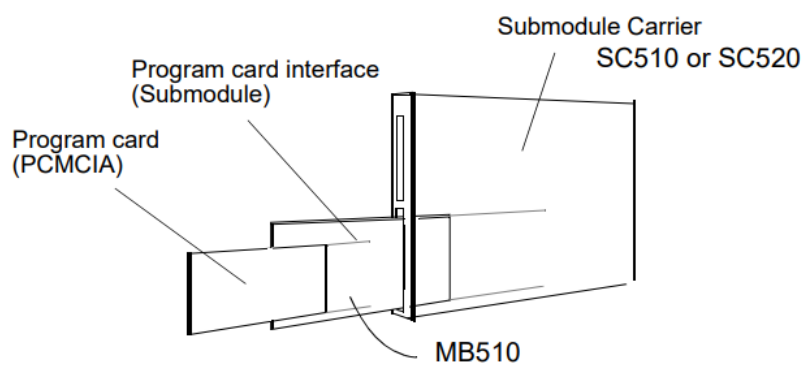


Ilustração 69 - Módulo de interface com a memória programável [18]

O autômato responsável pela gestão e controlo dos **sistemas elétricos e mecânicos dos grupos 1 a 4 (MAK)**, é composto pelos seguintes elementos:

- Dois módulos de processamento (CPU) redundantes, de modelo PM511 (microprocessador Motorola 68040), com velocidade de processamento de 25 MHz.
- Dois módulos de comunicação MasterBus 300 redundantes, de modelo CS513, para interligação à rede de controlo redundante (NET 15 e NET 16).
- Quatro módulos de comunicação Advant Fieldbus 100 (AF100), de modelo CI522, para interligação às unidades de aquisição de dados remota (bus de campo). Cada uma das cartas de comunicação CI522 possui dois canais (comunicação redundante).
- Um módulo de comunicação MVI-RS232, para protocolo Modbus, de modelo CI532 V02, utilizado para interface com os equipamentos elétricos de monitorização e medida.
- Um modelo de interface com a memória programável PCMCIA, de modelo MB510.
- Um módulo de comunicação Profibus DP, de modelo CI541 V1, de reserva.



Ilustração 70 - Módulo de comunicação Profibus-DP (CI541 V1) [18]



Ilustração 71 - Esquema representativo do módulo de comunicação Profibus-DP [18]

- Um módulo de comunicação CI535 V30 para interface com as proteções elétricas, através do protocolo SPA-Bus.

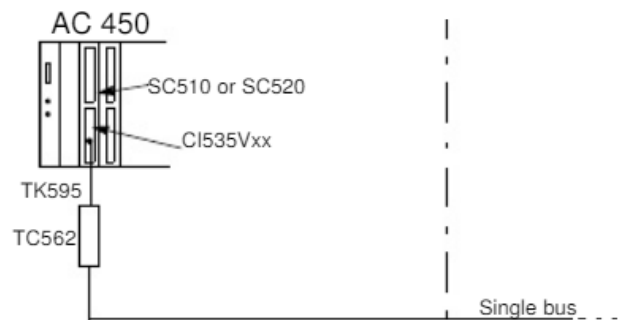


Ilustração 72 – Esquema representativo do módulo de comunicação CI535 [18]

O autómato responsável pela gestão e controlo dos **sistemas elétricos e mecânicos dos grupos 5 e 6 (WARTSILA)**, é composto pelos seguintes elementos:

- Dois módulos de processamento (CPU) redundantes, de modelo PM511 (microprocessador Motorola 68040), com velocidade de processamento de 25 MHz.
- Dois módulos de comunicação MasterBus 300 redundantes, de modelo CS513, para interligação à rede de controlo redundante (NET 15 e NET 16).
- Dois módulos de comunicação Advant Fieldbus 100, de modelo CI522, para interligação às unidades de aquisição de dados remota (bus de campo). Cada uma das cartas de comunicação CI522 possui dois canais, destinados à criação de uma comunicação redundante.
- Um módulo de comunicação MVI-RS232, para protocolo Modbus, de modelo CI522 V02, utilizado para interface com os equipamentos elétricos de monitorização e medida.
- Um módulo de comunicação CI535 V30 para interface com as proteções elétricas, através do protocolo SPA-Bus.
- Um módulo de comunicação Profibus DP, de modelo CI541 V1, para interface com o sistema de desnitrificação.
- Um modelo de interface com a memória programável PCMCIA, de modelo MB510.

O autómato responsável pela gestão e controlo dos **sistemas eléctricos e mecânicos dos grupos 7 e 8 (WARTSILA)**, apresenta uma configuração física muito semelhante ao autómato que realiza a gestão e controlo dos sistemas eléctricos e mecânicos dos grupos de produção 5 e 6 [3].

2.3.1.2.3.8.4. Redes de campo e aquisição de dados

2.3.1.2.3.8.4.1. Protocolos de comunicação

2.3.1.2.3.8.4.1.1. Protocolo Advant FieldBus 100

Cada um dos módulos de comunicação AF100 mencionados anteriormente, realiza a interface com as unidades de aquisição remota (RTUI), através de redes com redundância e com o apoio de transmissores/recetores RS-485 *Twisted Pair* de modelo TC512.

Os módulos de comunicação das RTUs são de modelo CI810 e fazem a interface com as cartas de aquisição de dados (DI810, DI830, D0820, AI810, AI830, AI835, AO820 [3].

De um modo geral, este protocolo é implementado para interface do autómato com as RTUs que realizam a gestão e controlo dos seguintes sistemas:

- **Sistemas auxiliares eléctricos e mecânicos comuns**, cujo autómato está instalado no quadro **CFA902**, sendo que as RTU's realizam a aquisição de dados e controlo dos seguintes sistemas:
 - **sistema eléctrico comum** (comando e sinalização dos disjuntores e seccionadores BT/AT, gestão de carga, sincronismo para os quadros auxiliares, compressores de ar, sistemas de protecção contra incêndio e resumos de alarmes, instaladas nos quadros CFA901/B, CFA903/B e CFA904.
 - **sistema de análise contínua**, instaladas no quadro eléctrico CFA909.
 - **sistema de tratamento de água**, instaladas no quadro CFA907.
 - **sistema de tratamento de combustível**, instaladas no quadro CFA906.
 - **sistema de tratamento de efluentes**, instaladas no quadro CFA908 e CFA905.

- **Sistemas elétricos e mecânicos dos grupos de produção**, cujos autómatos estão instalados nos quadros CFC041, CFC051 e CFC071, sendo que para cada um destes autómatos, os sinais encontram-se distribuídos pelas RTU's de uma forma simétrica, no que diz respeito a cada grupo produção, à exceção dos sinais dos sistemas de vapor.

2.3.1.2.3.8.4.1.2. Protocolo Modbus

A comunicação em Modbus é utilizada na interface entre os autómatos principais e os equipamentos de monitorização e medida. Para o referido efeito, no caso dos autómatos dos grupos de produção instalados nos quadros CFC041, CFC051 e CFC071, é utilizada uma linha de comunicação sem redundância, para cada conjunto de dois grupos de produção, com recurso a um conversor RS-232 para RS-485 (MDC42-DC) [3].

2.3.1.2.3.8.4.1.3. Protocolo SPA-Bus

Este protocolo é usado na interface dos autómatos dos grupos de produção com as proteções elétricas de grupo e transformador (REM, SPAD), em redes sem redundância, com recurso a um conector de bus RS-232 para FO de modelo SPA-ZC. A interligação entre as diversas proteções é realizada em anel através da linha de Fibra Ótica [3].

2.3.1.2.3.8.5. Autómatos ABB AC450

2.3.1.2.3.8.5.1. Caracterização

O Advant Controller 450 da ABB é uma solução de automação que apresenta garantias de um bom desempenho, funcionalidade e interoperabilidade. A sua capacidade de processamento e ligação com outros sistemas, permite a integração com o sistema de supervisão 800xA da ABB.

Este controlador, suporta diferentes protocolos de comunicação, facilitando assim a criação da arquitetura pretendida para cada aplicação [3].

São estes os principais protocolos associados:

- Modbus
- Profibus
- MasterBus 300
- Advant Fieldbus

Para alcançar uma maior disponibilidade e eficiência, o AC450 pode ser equipado com:

- Fontes de alimentação
- CPU's
- Placas de E/S
- Redundância para comunicações
- Módulos de processamento e comunicação.



Ilustração 73 – ABB AC 450 [18]

Todos os dados técnicos destes autômatos foram retirados dos seus *datasheets* e estão presentes nos Anexos (**Anexo A – Dados técnicos dos Autômatos ABB AC450**).

3) Relatório de Estágio – Envolvência dos conteúdos abordados

3.1. Introdução

No período inicial de estágio, fui aproveitando as tarefas e oportunidades que me eram propostas, que aos poucos, foram contribuindo para melhor encarar a realidade de trabalho da empresa e o mundo empresarial em geral, sendo este, ainda pouco familiar.

Tratando-se de um estágio com longa duração e segundo os princípios do seu protocolo, ficou estabelecido um acompanhamento de um orientador, como já explicado anteriormente.

Com isto, houve uma diferente gestão e preparação de todo o desenrolar do estágio, incidindo assim, sobre um tema(s)/projeto(s) a desenvolver e ter como foco de trabalho e estudo, sendo depois capaz, de expor todo o conhecimento e experiência obtida.

Sendo assim, neste tópico irá ser descrito e aprofundado o tema principal do Estágio, sendo que todas as outras tarefas e trabalhos propostos e acompanhados, serão explicados e expostos num tópico mais a frente (**3.5. Descrição dos trabalhos efetuados**).

De uma forma resumida, o tema principal de estágio foi o acompanhamento e interação no projeto de revitalização tecnológica do sistema de automação da Central Termoelétrica do Caldeirão, sendo que toda a informação apresentada anteriormente num contexto teórico, teve o intuito de introduzir e descrever a zona industrial onde se concentrou grande parte do tempo de estágio.

No âmbito desta oportunidade, surge então, uma fase de estudo dos seguintes tópicos:

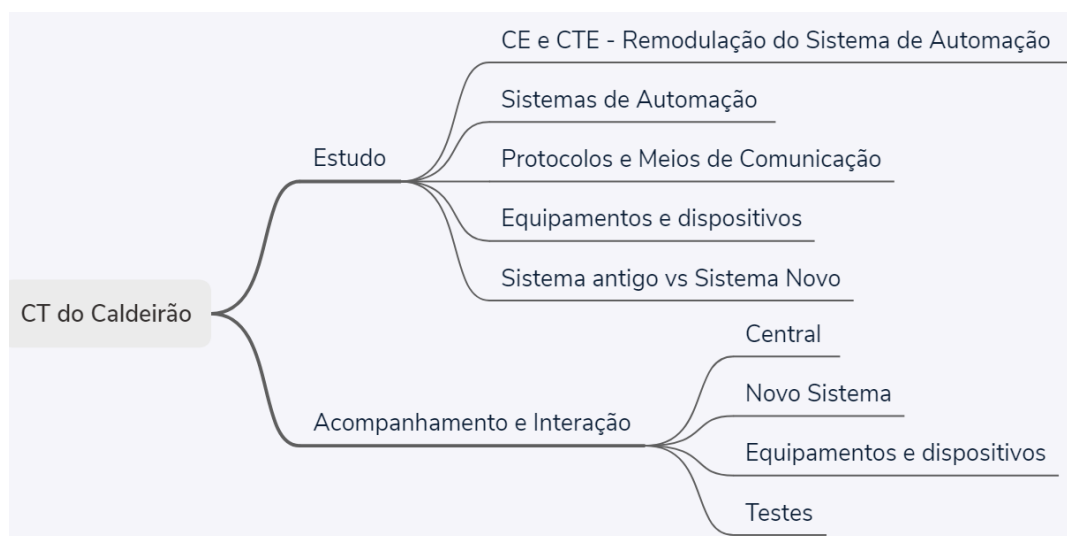


Gráfico 4 – Conteúdos estudados na sequência do projeto de revitalização do sistema de automação da central

3.2. Objetivos

Sendo definido como tema principal de estágio, a revitalização do sistema de automação da Central Termoelétrica do Caldeirão, os principais objetivos deste documento e por sua vez, do estágio, decaem sobre toda a envolvimento e acompanhamento do projeto, destacando-se:

- A interação com sistemas de automação dedicados ao controlo, supervisão e gestão de uma central produtora de energia elétrica convencional (sistema antigo e sistema novo).
- O estudo de outros sistemas de automação semelhantes e de conceitos complementares importantes, salientando:
 - Solução de automação EFACEC;
 - Meios físicos de comunicação;
 - Protocolos e arquiteturas de comunicação;
 - Redes de controlo e supervisão;
- A identificação e caracterização dos principais dispositivos e equipamentos presentes nas diferentes arquiteturas deste tipo de sistemas.
- A perceção da importância e do papel destes sistemas de automação aplicados nos centros produtores de energia elétrica e nas subestações.
- A capacidade de sentido crítico a nível técnico, perante soluções de automação desta natureza, as suas capacidades, as suas limitações e as suas vantagens e desvantagens perante outros sistemas.
- A análise final a todo o paradigma do novo sistema de automação, às suas vantagens e melhorias perante o sistema antigo e o seu impacto no controlo e gestão dos sistemas auxiliares comuns da central e dos grupos de produção, destacando-se os seguintes conceitos:
 - Mais fiabilidade para toda a instalação.
 - Maior redundância para todo o sistema.
 - Mais confiança e segurança na prevenção e proteção contra anomalias.
 - Mais flexibilidade e compatibilidade.
 - Atualização tecnológica.

3.3. Protocolos e meios de comunicação

3.3.1. Introdução

O avanço da tecnologia em ambientes industriais criou a necessidade de comunicação entre dispositivos/equipamentos presentes nesta área.

Para que esta comunicação seja feita de forma eficiente e padronizada entre os vários equipamentos, são definidos e implementados protocolos de comunicação.

Há vários parâmetros que podem ser generalizados em quase todos os protocolos, destacando:

- Iniciar e finalizar uma mensagem;
- Formato da mensagem;
- Sincronização;
- **Meios físicos:**
 - **RS-232**
 - **RS-485**
 - **Cabo Ethernet (RJ-45)**
 - **Fibra ótica**
- Detecção de erros e falhas na transmissão dos pacotes de dados.

De um modo genérico, para existir comunicação é obrigatório que os equipamentos usem o mesmo protocolo, que exista pelo menos um meio de comunicarem e claro, um emissor e recetor para a transmissão da informação.

Com a evolução dos protocolos e das normas ao longo dos tempos, o seu conceito e tipologia também foram evoluindo [15].



Ilustração 74 - Exemplo representativo da transmissão de uma mensagem de um protocolo [15].

3.3.2. Meios físicos de comunicação

3.3.2.1. RS-232

O padrão de comunicação série RS-232 foi criado em 1962, sendo o mais popular e dos primeiros a implementar em sistemas computacionais e ambientes industriais.

De uma forma muito linear, existem dois tipos+ de equipamentos que definem esta interface, o DTE (Data terminal equipment) que é conectado ao DTC (Data communications equipment).

Este meio de comunicação utiliza o sistema binário para a transmissão de dados e para o transporte dos sinais pretendidos é usado o conector de 9 pinos DB9 [20, 21,23].

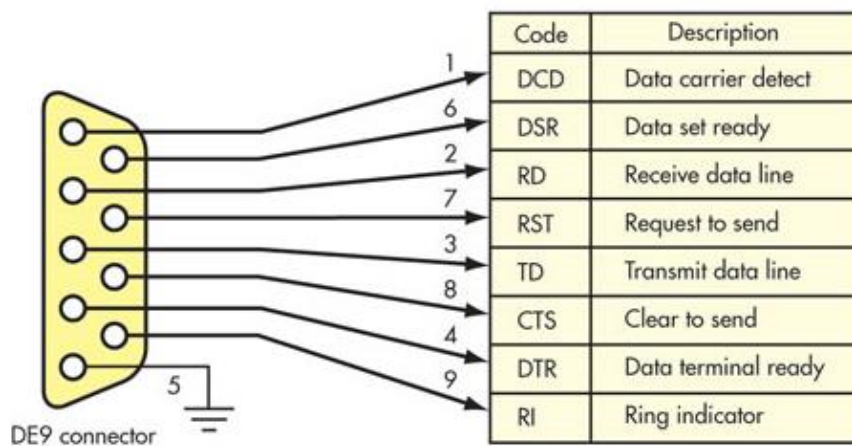


Ilustração 75 - Esquema representativo do conector de 9 pinos DB9 [22]

Pin 1 - Detetor de portadora de dados (DCD): O DCE informa ao DTE que está recebendo um sinal de entrada válido.

Pin 6 - Conjunto de dados pronto (DSR): O DCE informa ao DTE que está conectado e pronto para receber.

Pin 2 - Dados recebidos (RD): Sinal real recebido do DTE.

Pin 7 - Pedido para enviar (RTS): Sinal do DTE diz ao DCE que está pronto para transmitir.

Pin 3 - Dados de transmissão (TD): Sinal transmitido do DTE.

Pin 8 - Limpar para enviar (CTS): esta linha do DCE informa ao DTE que está pronto para receber dados.

Pin 4 - Terminal de dados pronto (DTR): Esta linha é do DTE para o DCE indicando prontidão para enviar ou receber dados.

Pin 9 - Indicador de toque (RI): esta linha foi usada em conexões de modem mais antigas (em desuso).

Na seguinte figura estão representadas as ligações entre os dispositivos DTE e DCE.

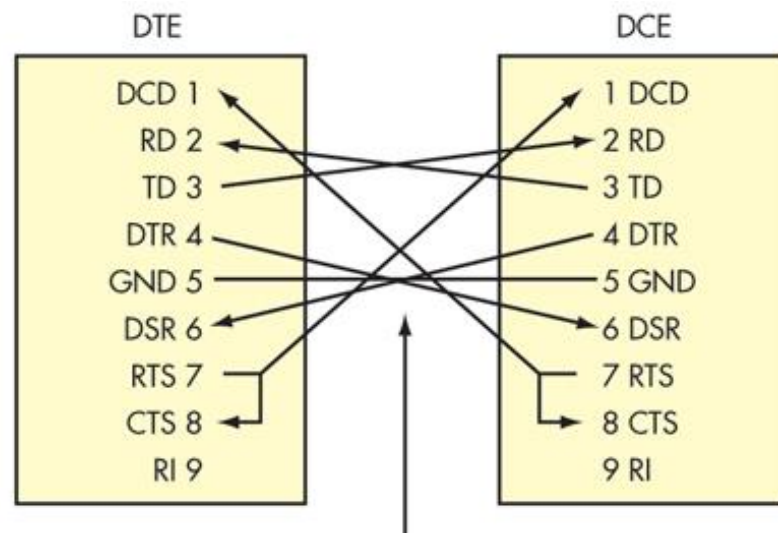


Ilustração 76 - Ligações entre os dispositivos DTE e DCE [22]

Limitações:

- a) A velocidade está limitada a 115 kb/s em distâncias pequenas.
- b) A distância é definida pela capacitância do cabo (máximo 50 m).
- c) Trata-se de um padrão não balanceado, ou seja, todos os sinais têm a mesma ligação à terra o que torna mais suscetível a ruídos.
- d) Utiliza-se apenas para comunicação ponto a ponto, o que limita a rede geral de comunicação.

Ao longo dos tempos, estas limitações foram se tornando cada vez mais um problema em torno da utilização desta interface, sendo necessário cada vez mais:

- a) Conectar DTE's diretamente sem a necessidade de modems;
- b) Conectar vários DTEs em uma estrutura de rede;
- c) Necessidade de comunicação a longas distâncias;
- d) Necessidade de comunicação a taxas de velocidade maiores.

3.3.2.2. RS-485

É uma das interfaces mais utilizadas atualmente em aplicações de aquisição e controlo de informação.

O padrão RS-485 foi aprovado em 1983 pela EIA (Electronics Industries Association) como uma nova “versão” da comunicação série (RS-232).

Para além de definir a interface entre dispositivos, é possível definir um barramento de comunicação para formar redes simples com vários dispositivos [22-24]



Ilustração 77 - Exemplo representativo de um conector RS-485 [22]]

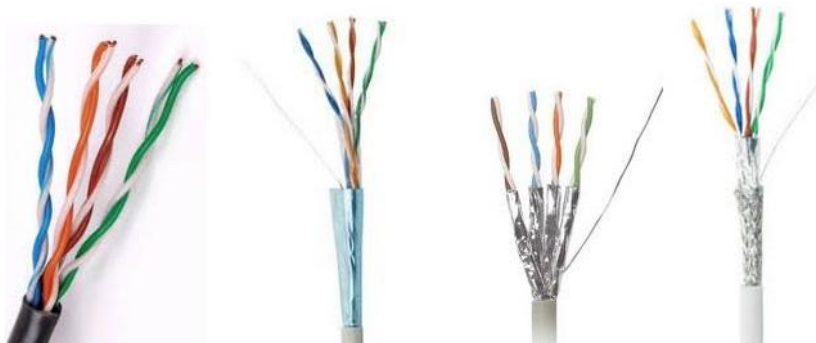


Ilustração 78 - Interior de um cabo de comunicação série RS-485

RS-232 vs RS-485		
Características	RS-232	RS-485
Nºtransmissores	1	32
Nºemissores	1	32
Modos de operação	Half/Full duplex	Half/Full duplex
Tipologia da rede	Ponto a Ponto	Multiponto
Distância Máxima	15 m	1200 m
Velocidade - 12 m	20 Kb/s	35 Mb/s
Velocidade - 1200 m	1 Kb/s	100 Kb/s

Tabela 14 - Tabela comparativa entre RS-232 vs RS-485 [24]

3.3.2.3. Ethernet

Foi originalmente desenvolvido por uma divisão da Xerox através do senhor Robert Metcalfe em 1973, sendo só em 1980 considerado padrão.

Resumidamente, o padrão *Ethernet* baseia-se num conjunto de pontos de uma rede enviando informação (mensagens). Cada ponto de uma rede tem apenas um endereço MAC, o que permite identificá-los de forma única.

Tipologias de rede:

10 megabits/seg → **10 Base-T Ethernet** e 100 megabits/seg → **Fast Ethernet**

1 gigabits/seg → **Gigabit Ethernet** e 10 gigabits/seg → **10 Gigabit Ethernet**



Ilustração 79 - Exemplo representativo de um conector RJ-45 [25]

O “frame” Ethernet possui 7 campos:

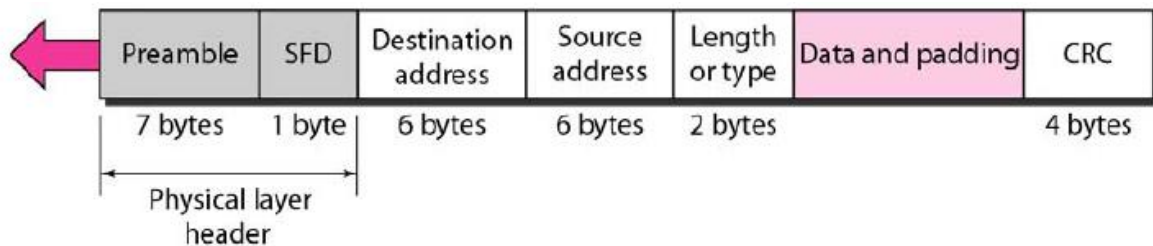


Ilustração 80 - "Frame" de dados Ethernet [25]

- **Preâmbulo** – cria um padrão de 0s e 1s para sincronização. Em algumas literaturas, considera-se parte da camada física.
- **SFD (Start Frame Delimiter)** – sinaliza o início do *frame*.
- **DA (Destination Address)** – contém o endereço físico da estação de destino.
- **SA (Source Address)** - contém o endereço físico da estação de origem.
- **Payload (Dados)** – transporta os dados encapsulados pelos protocolos das camadas superiores.
- **CRC (Cyclic Redundancy Check)** – transporta a informação da detecção de erros.

Cada estação numa rede *Ethernet* possui seu próprio adaptador de rede que por sua vez contém um identificador único para o endereço físico da estação, denominado por endereço MAC [25]

3.3.3. Protocolos estudados no contexto do Estágio

Antes de começar o acompanhamento e interação com o principal tema de Estágio, a Revitalização do Sistema de Automação da CT do Caldeirão, foi necessário um estudo prévio de protocolos e meios de comunicação, a fim de suportar parte do conteúdo do projeto e constituir uma base de conhecimento para o desenrolar do mesmo.

O protocolo proprietário da ABB, *optical modulebus* não foi muito aprofundando pois, surgindo num contexto de estudo mais tardio, não houve oportunidade de o expor corretamente. Por sua vez, o IEC 60870-104-5 surge apenas na ligação terminal da contral com a rede de despacho da EDA, não sendo também muito explorado.

São estes os principais protocolos estudados:

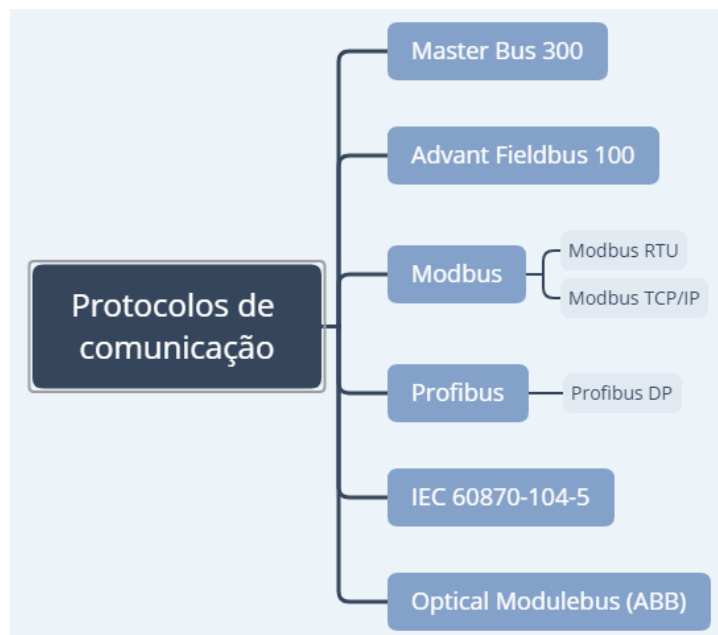


Gráfico 5 - Protocolos estudados no contexto de Estágio

3.3.3.1. Master Bus 300

O protocolo Masterbus 300 (MB 300) foi originalmente desenvolvido pela empresa ABB. Nos anos 80, desenvolveram o sistema DCS Masterpiece e, juntamente com seu sucessor da década de 1990, o Advant OCS.

A capacidade de controlar processos analógicos, controlar os PLC's, através de um único controlador (Masterpiece 200), revolucionou o mercado e a toda a concorrência na altura.

O controlador MasterPiece 200 é principalmente composto pelo seu CPU e pelas unidades de E/S. A CPU e a memória do controlador podem suportar até 1000 sinais de E/S, dependendo do requisito de tempo de ciclo. Usavam o AMPL como linguagem de programação.

Os programas podem ser atribuídos com tempos de ciclo de 2 segundos até 50 milissegundos, permitindo um uso mais efetivo do controlador, em comparação com a maioria dos DCS concorrentes atuais que estavam limitados a ter apenas um ciclo de tempo.

Este não é redundante, comunicando via MasterBus 300, através de uma comunicação série de 1,5 Mbit.

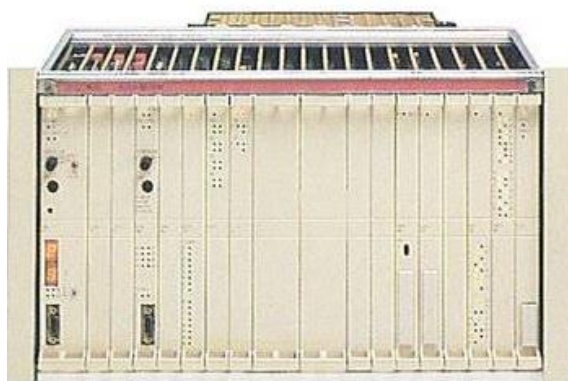


Ilustração 81 - Controlador Masterpiece 200 [26]

As interfaces de operação e conexão com outros sistemas, como os historiadores, não foram desenvolvidas e, portanto, a Novotek, em 2005, iniciou o desenvolvimento do servidor MB300 OPC para Masterbus 300.

O servidor Masterbus 300 OPC foi projetado para instalação em grandes aplicações e opções de recursos, como otimização de desempenho, redundância e ferramentas para solução de problemas, fornecendo uma interface de comunicação rápida e confiável para clientes OPC para os controladores ABB Advant e Masterpiece, via *Ethernet*. O servidor manipula a troca de dados com todos os principais objetos nos controladores ABB [15,26,27].

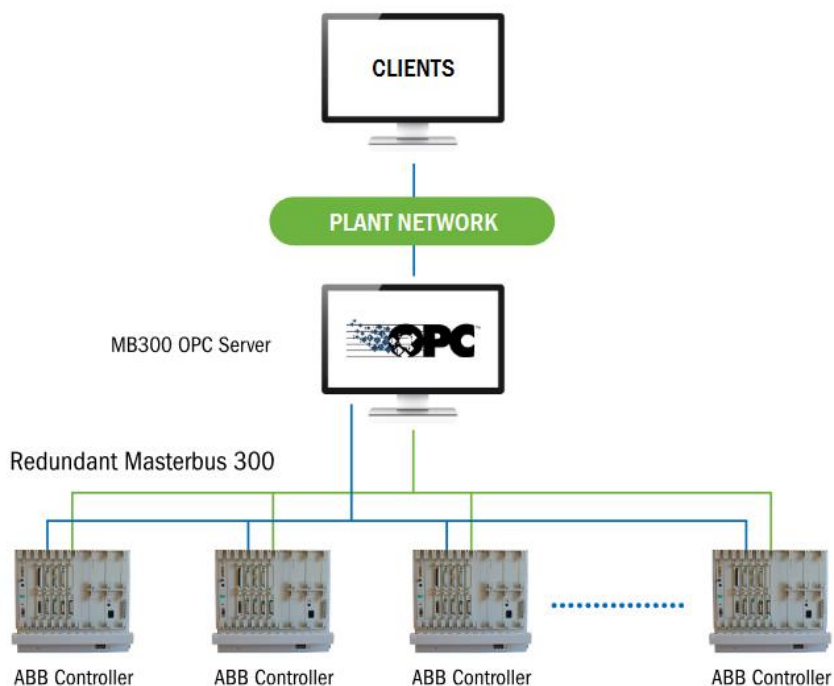


Ilustração 82 - Exemplo de uma implementação do MB 300 OPC server [27]

3.3.3.1.1. Arquitetura

Os diferentes controladores conectados ao MasterBus 300 apresentam três blocos de funções que manipulam a comunicação entre os DataSets de cada um: o MB300Connect, MB300DSSend e MB300DSReceive.

Um DataSet consiste numa parte de endereço até 24 elementos (valores de 32 bits). Um valor pode ser um inteiro de 32 bits, um inteiro de 16 bits, um real ou 32 booleano. Esta parte do endereço é o nó da rede de destino, a rede de origem e uma identidade do DataSet.

Cada unidade do CI855 (exemplo de um controlador ABB) é um nó exclusivo na rede MB 300 à qual está conectada e deve ser configurada na árvore de configuração de hardware do Control Builder.

Os parâmetros enviados para o CI855 são:

- Um número de nó pessoal
- Números de rede para os dois links de rede
- O tipo de protocolo MB 300, ou seja, MB 300, MB 300E ou MB 300F
- Função de sincronização do relógio

Um controlador AC 800M é conectado a uma rede MasterBus 300 redundante por meio de uma unidade CI855 e pode trocar DataSets por outros controladores conectados à rede MasterBus 300 [15,26,27].

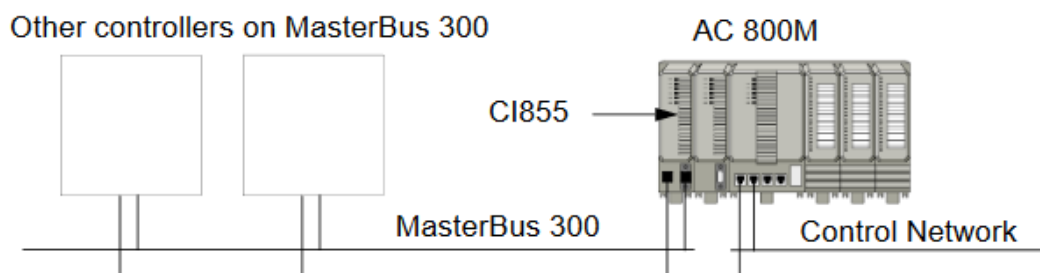


Ilustração 83 - Exemplo de um controlador AC800M conectado ao MasterBus 300 e à rede de controlo [27]

3.3.3.1.1.1. Blocos funcionais de comunicação

Um AC 800M na rede de controlo, conecta-se a um controlador no MB 300, através dos três blocos de funções MB300Connect. Os blocos MB300DSReceive e MB300DSSend com o mesmo parâmetro (*Id value*) que o bloco de funções MB300Connect, podem então ser usados repetidamente para comunicação com o controlador.

No bloco MB300Connect é possível distinguir o seguinte:

- O parâmetro CIPos especifica o número da posição da unidade CI855 na árvore de hardware (idêntica a sua posição no barramento CEX).
- O parâmetro CAPos especifica o número da rede MB 300.
- NodePos a posição do nó do controlador na rede.

Por sua vez, no bloco MB300DSReceive distinguimos o seguinte:

- DataSetId é um número inteiro que especifica a identidade do DataSet.

SupTime especifica o intervalo de tempo entre as operações de recebimento ou envio. Os parâmetros extensíveis Rd e Sd são do tipo de dados AnyType e indicam o número total dos nomes das variáveis das aplicações. Eles permitem que o usuário especifique parâmetros pessoais, sendo que, a única restrição é o número total de parâmetros que deve ser igual ao número total de elementos alocados no DataSet [15,26,27].

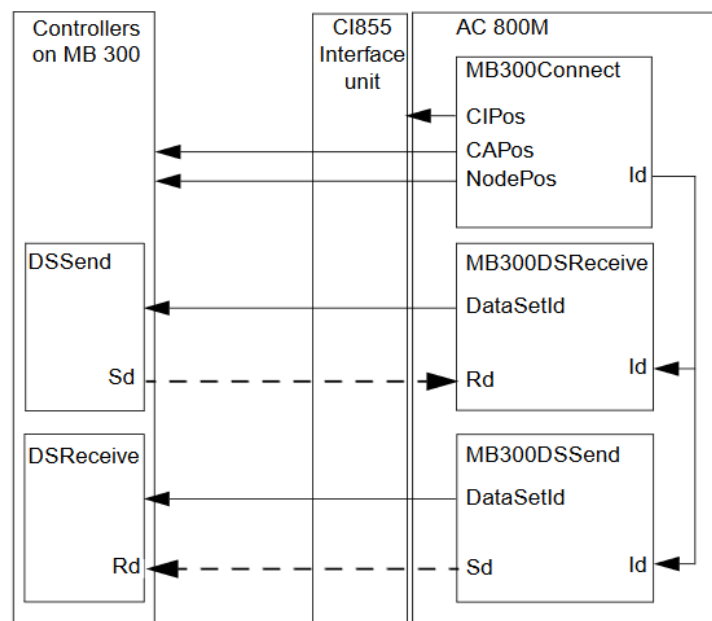


Ilustração 84 - Troca de DataSets (DS) via MB 300 através dos seus blocos de função [27]

MB 300	
Tipos de dados no AC 800M	Tipos de dados noutros controladores
Boolean32	dint
16-bit integer	int
32-bit integer	dint
real	real

Tabela 15 - Mapeamento do tipo de dados suportado no MB 300 [27]

3.3.3.1.1.2. Redundância

A unidade CI855 contém dois canais Ethernet para garantir redundância de rede. As tabelas de roteamento no CI855 identificam a rede, o endereço do nó e a porta a ser usada no envio para um nó do MB 300. Estas são continuamente recalculadas de acordo com as informações de topologia mais recentes nas mensagens de roteamento.

No caso de falhas de link / nó, a alternância para links redundantes é automática [15,26,27].

3.3.3.1.1.3. Performance e Hardware

A unidade de interface CI855 conecta-se ao barramento CEX do AC 800M. O cabo Ethernet 10BASE-T de par trançado com um conector RJ45 é usado e a sua instalação deve estar de acordo com a especificação da Categoria 5 de acordo com o IEEE 802.3.

A velocidade de transmissão: 200 pacotes/s e a sincronização do relógio é de 3 ms. Hardware [15,26,27]

3.3.3.2. Advant Fieldbus 100

O protocolo Advant Fieldbus 100 (AF100) é um protocolo de campo de alto desempenho e é usado para comunicação entre vários produtos da Advant [28]

O AF100 permite 3 formas de transmissão de dados:

- Twisted-pair (cabo trançado), permitindo conectar até 32 estações e até 750 metros.
- Cabo coaxial, sendo que com cabo RG59 é possível conectar as estações até 300 metros e com cabo RG11 até 700 metros.

- Fibra ótica, que é usada em comunicações ponto a ponto, permitindo um comprimento do segmento até 1700 metros. (usando segmentos acoplados lado a lado, é possível alcançar os 13300 metros).

3.3.3.3. Modbus

O protocolo Modbus é um dos mais utilizados em ambientes industriais, incorporados em sistemas de automação. Foi criado e desenvolvido no final da década de 70, mais concretamente em 1979, pelo fabricante de equipamentos da Modicon (atualmente controlada pela Schneider).

É um protocolo de comunicação com base na relação “Master/Slave” (até 247 slaves). Cada “slave” tem um único endereço e é através deste que o “master” consegue estabelecer a comunicação entre os dois [15,29,30].

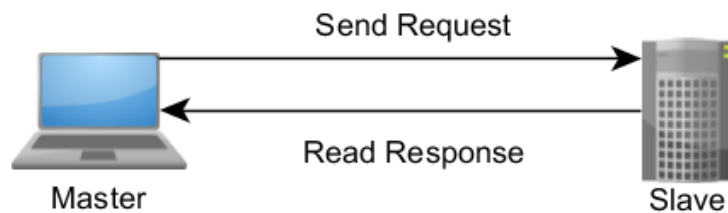


Ilustração 85 - Comunicação entre "Master" e "Slave" [15]

3.3.3.3.1. Arquitetura de comunicação

Qualquer comunicação Modbus obedece ao seu “frame”, composto pelo endereço (“adress”) do “slave”, pelo código de função (“function code”) a ser executado, pelos dados complementares (“data”) e por um processo de verificação de erros (“checksum”) [15,29,30].

Este, de uma forma mais simples, é composto por duas unidades:

- A **ADU** (unidade de dados da aplicação) indica ao servidor que tipo de ação deve ser executada de uma forma confiável, contendo o endereço do escravo, a PDU e um processo de verificação de erros.

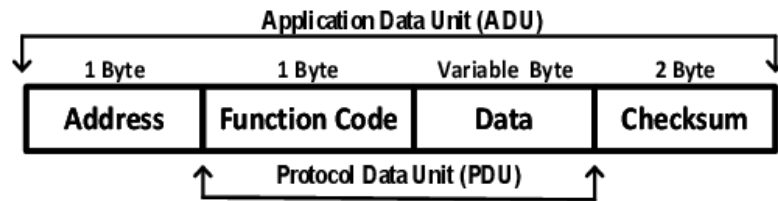


Ilustração 86 – ADU do protocolo Modbus [15]

- A **PDU** (unidade de dados do protocolo) define os conceitos básicos para o acesso e manipulação dos dados, sendo composto pelo código de função (1 byte até 252 bytes) a ser processado e os dados desejados pelo cliente.

O código de função é o primeiro parâmetro a ser validado. Se este não for reconhecido pelo “slave”, ele responderá com uma exceção. Se o código de função for aceite, então, o “slave” começará a decompor os dados conforme a definição da função.



Ilustração 87 - PDU do protocolo Modbus [15]

3.3.3.3.1.1. Processo de endereçamento e verificação de erros

O processo de endereçamento e verificação de erros entre um “Master” e um “Slave”, é principalmente uma requisição de iniciação pela parte do cliente, enviando o seu código de função e os seus dados ao servidor, finalizando através do mesmo processo, mas de forma contrária.

A seguinte ilustração representa o processo de endereçamento entre um “Master” e “Slave” sem qualquer erro verificado.

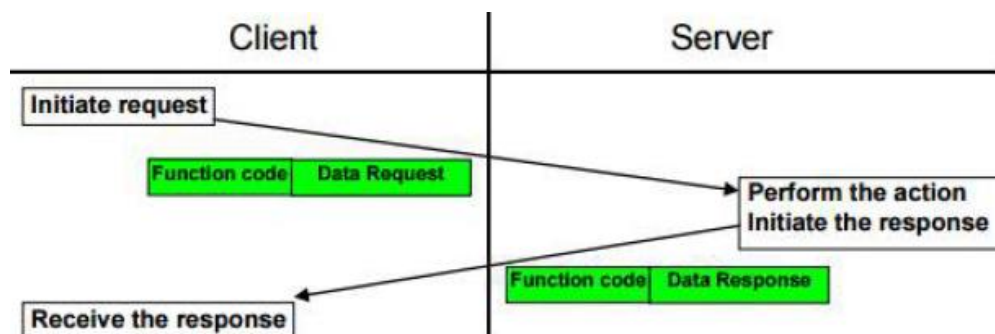


Ilustração 88 - Endereçamento entre "Master/Slave" sem erro [15]

Por sua vez, quando detetado algum erro no processo de endereçamento e verificação de erros entre um "Master" e um "Slave", o sistema intervém e indica a presença de um erro na transição Modbus, como é visível na ilustração seguinte [15,29]

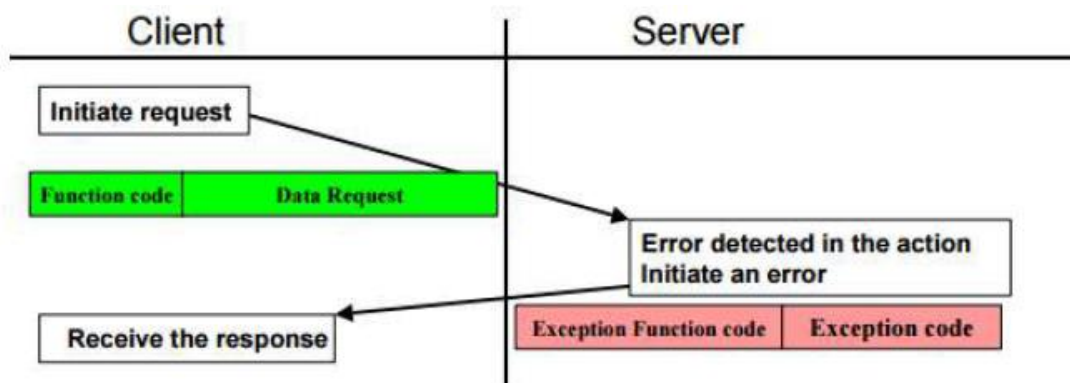


Ilustração 89 - Endereçamento entre "Master/Slave" com erro [15]

3.3.3.3.1.2. Acesso ao modelo de dados Modbus

O protocolo Modbus usa uma representação "big endian" para os endereços e os dados, o que significa que o primeiro byte significativo é enviado primeiro [15,29,30].

O modelo de dados é torna-se mais fácil caracterizá-lo através da tabela seguinte.

Dados	Código de Função	Descrição
Bobinas (Digital outputs)	01	Ler estado da bobina (Saídas Digitais ou coils)
Bobinas (Digital outputs)	05	Forçar o estado de uma bobina (Saídas Digitais ou coils)
Bobinas (Digital outputs)	15	Forçar o estado de múltiplas bobinas (Saídas Digitais ou coils)
Discrete Inputs	02	Ler estado das entradas discretas (Contactos)
Input Registers	04	Ler estado dos registros de entrada (Entradas Analógicas)
Holding Registers	03	Ler holding registers (Saídas Analógicas)
Holding Registers	06	Escrever um único registro
Holding Registers	16	Escrever múltiplos registros
-	07	Ler estado da exceção
-	08	Teste de diagnóstico "Loopback"

Tabela 16 - Tabela resumo com os dados e códigos de funções [15,29]

3.3.3.3.1.2.1. Execução de uma função por um “slave”

Para simplificar, irei dar um exemplo do comportamento geral que qualquer dispositivo “slave” deve ter. Por exemplo, para o código de função 01 (ler coils), os “slaves” seguem o seguinte diagrama de estados para cada requisição [15,29,30].

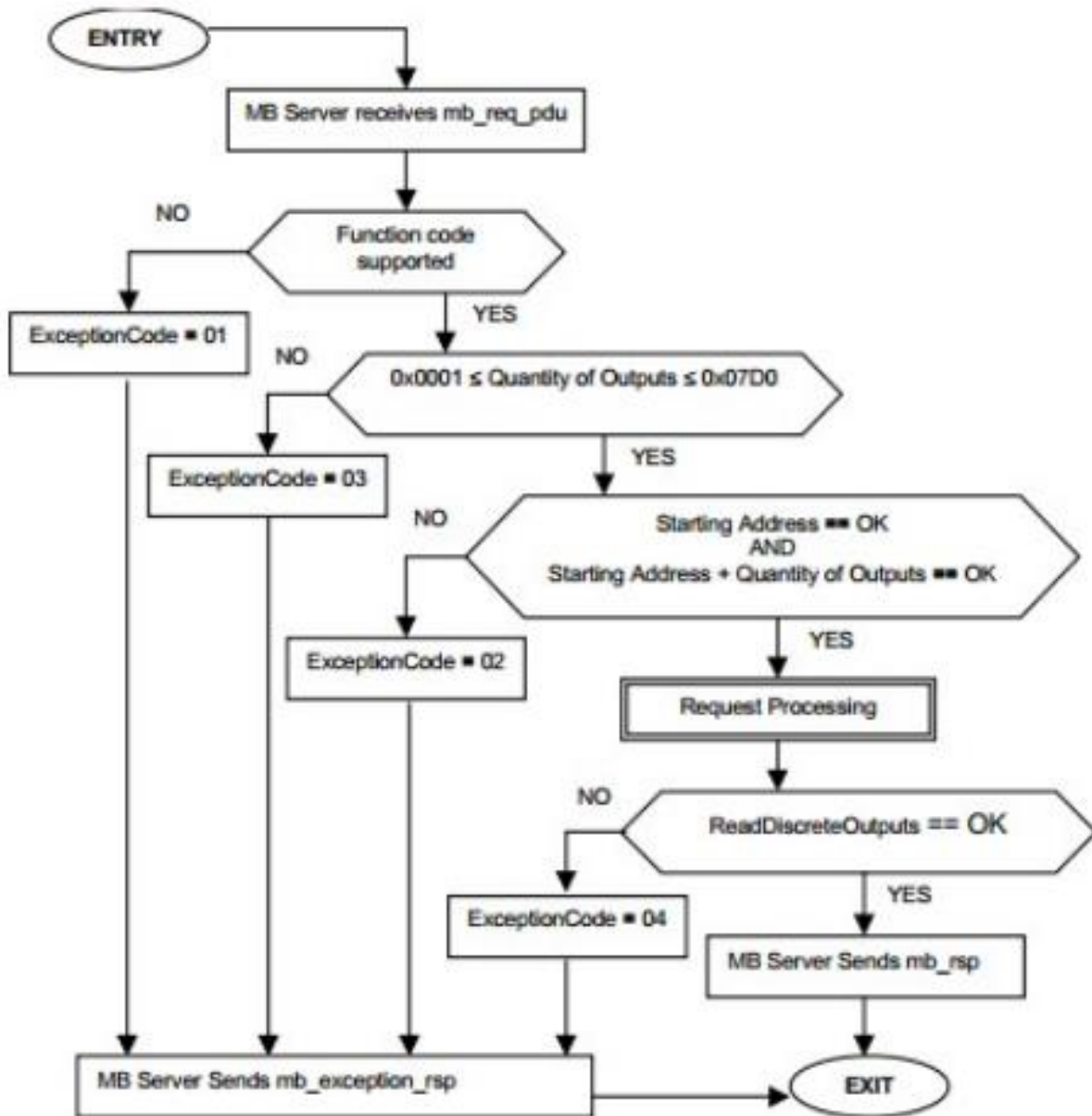


Ilustração 90 - Diagrama de estados para leitura de "coils" (código de função 01) [15]

3.3.3.3.2. Modbus RTU

O Modbus é usado para ler e gravar variáveis entre dispositivos da rede de controle, usando comunicação ponto-a-ponto ou multiponto. O enquadramento de mensagens é implementado no modo RTU, que é um formato binário.

O protocolo MODBUS é projetado para transferir dados de forma segura, verificando cada byte, bem como toda a mensagem para erros de transmissão.

Este protocolo garante dois modos de transmissão dos dados:

- **ASCII**
- **RTU**

O modo RTU é o mais usual, pois a mensagem a transmitir tem aproximadamente metade do comprimento da mensagem ASCII equivalente.

A variante do Modbus, o Modbus RTU é executado a nível série, sendo esta a principal diferença para o Modbus TCP/IP, como iremos ver no tópico seguinte [15,29,31]

O protocolo Modbus garante a comunicação através dos seguintes **meios físicos**:

- **RS-232**
- **RS-485**
- **Ethernet**

Neste gráfico está presente a interligação dos meios físicos que o protocolo abrange, de acordo com as suas variantes.

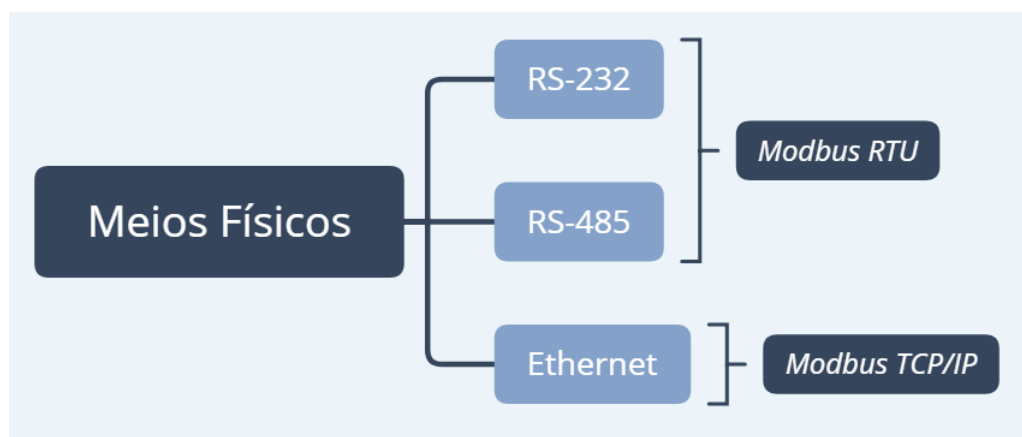


Gráfico 6 - Interligação dos meios físicos com as variantes do Modbus

3.3.3.3.3. Modbus TCP/IP

O Modbus TCP/IP é uma variante Modbus usado em comunicações em redes TCP/IP.

É um modelo que se define pela interação cliente/servidor e esta rege-se através de quatro tipos de mensagem [15,32].

- **Pedido** – mensagem enviada pelo cliente para iniciar as transações.
- **Indicação** – mensagem de solicitação recebida no servidor.
- **Resposta** – mensagem de resposta enviada pelo servidor.
- **Confirmação** – mensagem de resposta recebida do lado do cliente.

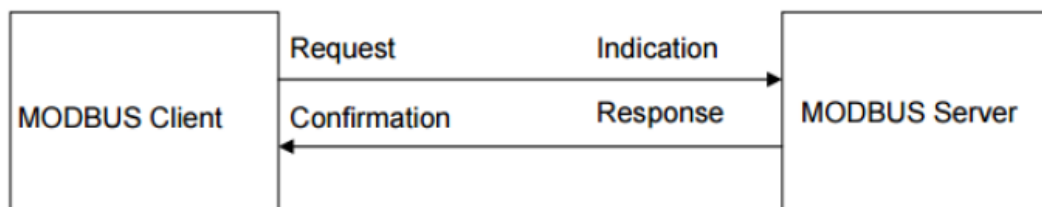


Ilustração 91 - Interação entre o "cliente" e o "servidor" numa transição Modbus TCP/IP [32]

3.3.3.3.3.1. Arquitetura de comunicação

O ADU para uma rede Modbus TCP/IP é diferente do ADU implementado no modo RTU, como podemos verificar na seguinte figura.

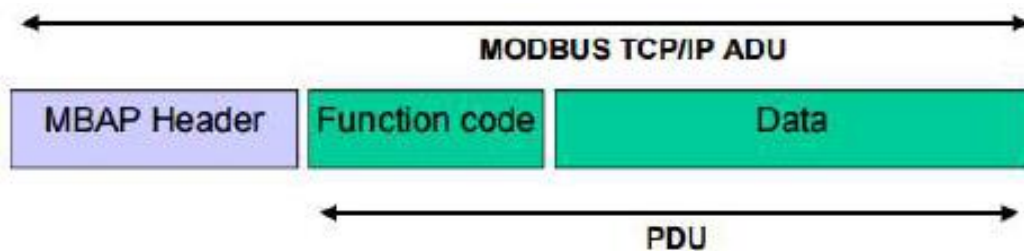


Ilustração 92 - ADU do Modbus TCP/IP [32]

O endereço e a verificação de erros são substituídos pelo cabeçalho do protocolo de aplicação Modbus (MPAP header), sendo estas diferenças visíveis na figura seguinte.

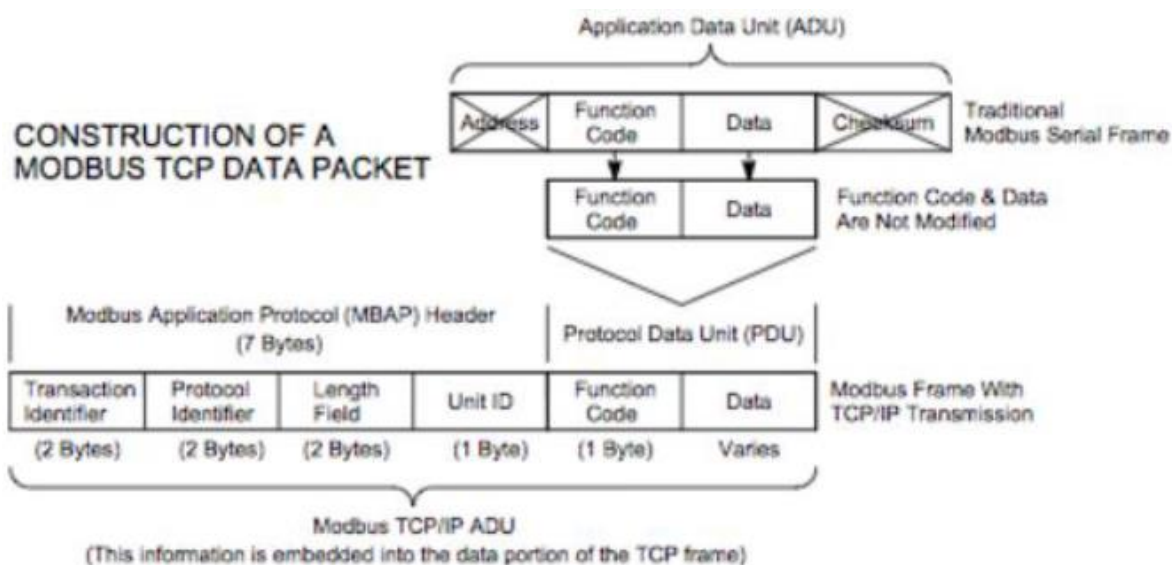


Ilustração 93 - ADU da variante TCP/IP do protocolo Modbus [32]

Exemplo de uma codificação ADU solicitada pelo MODBUS para ler o registo #5:

- O identificador de transição é aleatório, mas precisa ser o mesmo entre o cliente e o servidor.
- O identificador do protocolo e o identificador de unidade é 0 na comunicação TCP/IP.
- O comprimento é de 6 bytes.
- O código de função pretendido é 03 (Ler holding registers).
- O endereço inicial é 0x004 pois pretende-se ler o registo #5, sendo por isso o número de registos apenas 1.

	Description	Size (bytes)	Example
MBAP Header	Transaction Identifier Hi	1	0x15
	Transaction Identifier Lo	1	0x01
	Protocol Identifier	2	0x0000
	Length	2	0x0006
	Unit Identifier	1	0xFF
MODBUS request	Function Code (*)	1	0x03
	Starting Address	2	0x0004
	Quantity of Registers	2	0x0001

Tabela 17 - Tabela representativa das codificações ADU para solicitações Modbus [32]

Na **camada da aplicação** é feita a comunicação entre os programas e os protocolos de transporte no TCP/IP presentes na camada de rede.

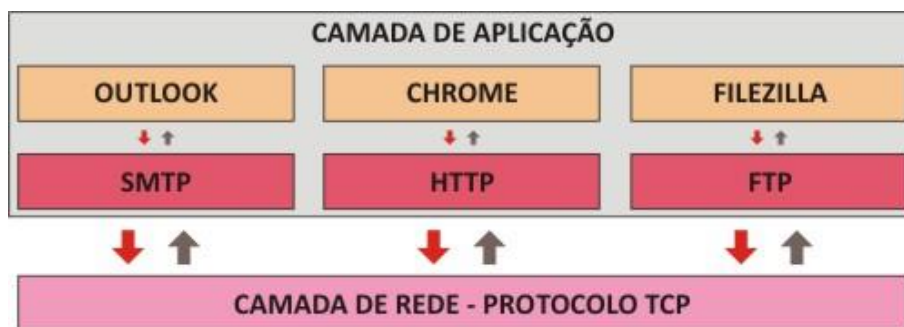


Ilustração 94 - Interligação entre a camada de rede e a camada de aplicação [32]

A **camada de transporte** é responsável por receber os dados enviados pela camada de aplicação e transformá-los em pacotes menores, a serem repassados para a camada de internet. Ela garante que os dados chegarão sem erros e na sequência correta.

É formado por dois protocolos o TCP (Transmission Control Protocol) e o UDP (User Datagram Protocol).

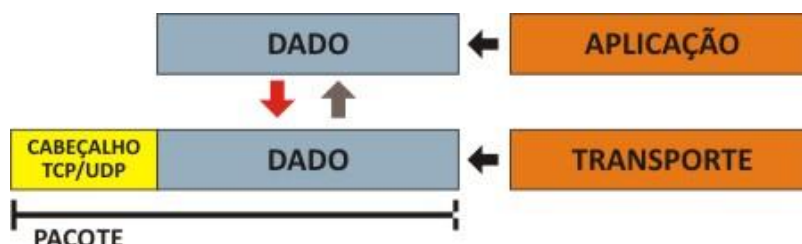


Ilustração 95 - Interligação entre a camada de aplicação e a camada de transporte [32]

Por sua vez, na **camada de internet** é realizado o endereçamento e roteamento do pacote de dados, fazendo a conexão entre as redes locais. Adiciona ao pacote o endereço IP de origem e o de destino, para que ele saiba qual o caminho deve percorrer.

Na transmissão, o pacote de dados recebido da camada de transporte é dividido em “pedaços”, denominadas por Datagramas. Estes são enviados para a camada de interface com a rede (última camada), onde são transmitidos pelo cabeamento da rede através de quadros.

Os principais protocolos da camada da Internet são: IP, ARP, ICMP e IGMP.

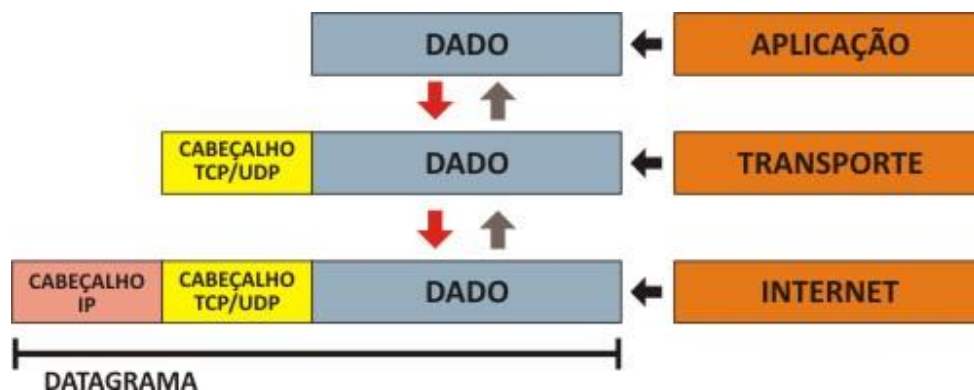


Ilustração 96 - Envio dos Datagramas desde a camada de transporte até à camada de internet [32]

Na última camada, a **camada da rede**, é feito o envio do datagrama recebido da camada de internet em forma de quadros através da rede física, sendo a Ethernet o meio mais usado [15,32].

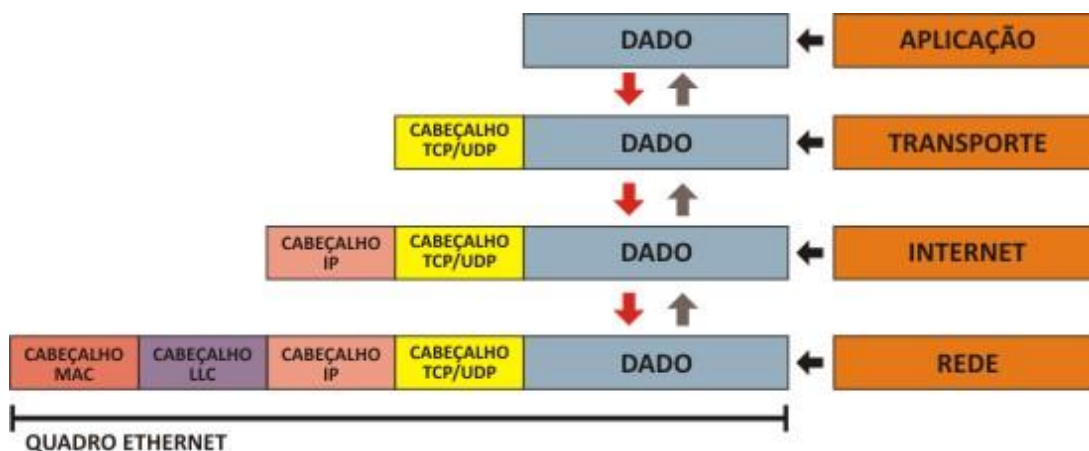


Ilustração 97 - Envio do datagrama presente na camada de internet para a camada de rede [32]

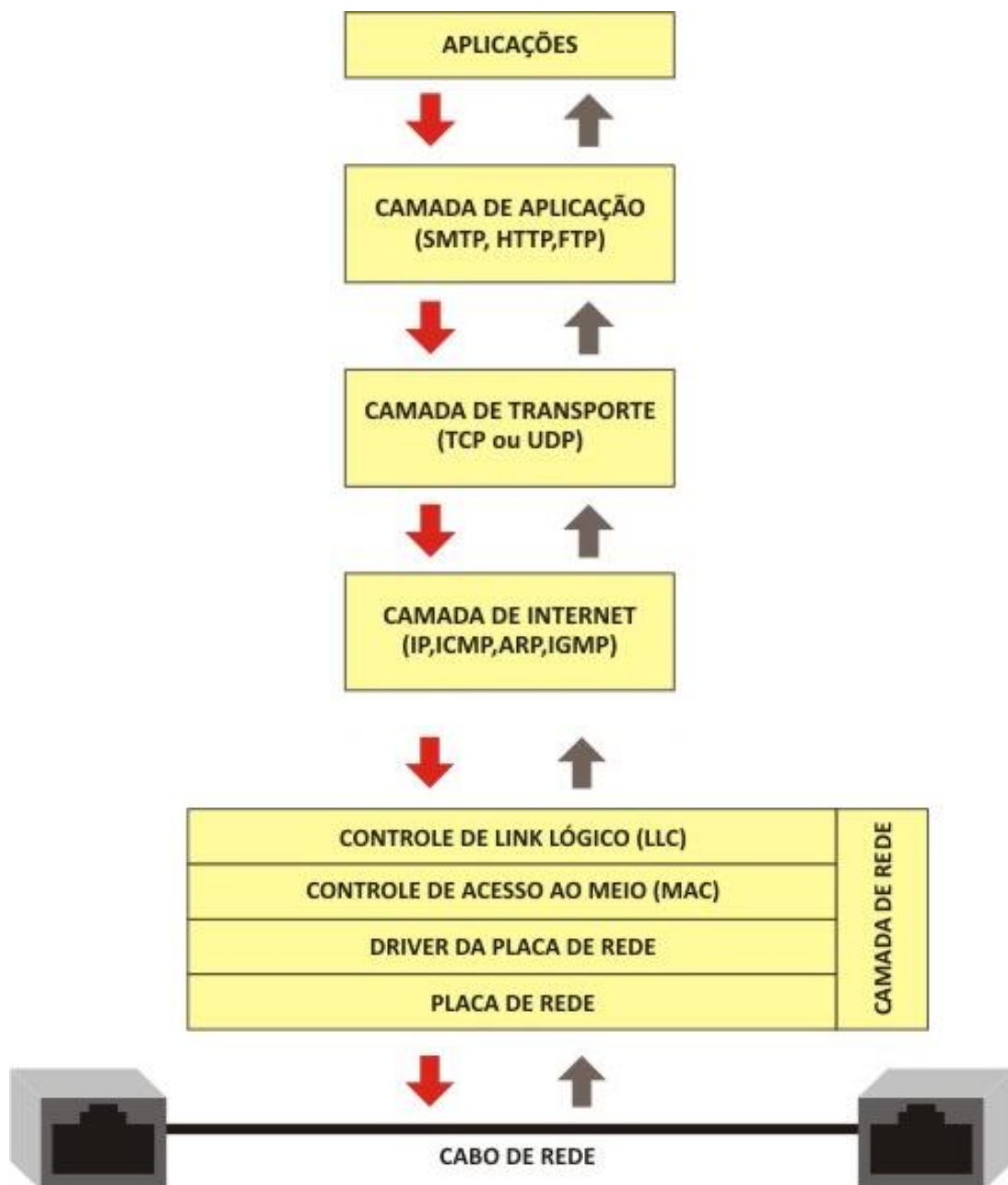


Ilustração 98 - Resumo de uma transição de informação da variante TCP/IP do protocolo Modbus [32]

3.3.3.4. Profibus

O Profibus (Process field bus) é um protocolo que foi criado e desenvolvido entre 1987 a 1989, na cidade de São Petersburg na Rússia por Juhan Startwich Wilman. É dos protocolos mais utilizados juntamente com o Modbus, em redes fieldbus.

Existem 4 versões base:

- **Profibus DP;**
- Profibus FMS;
- Profibus PA;
- ProfiNet;

O sistema de comunicação em tempo real, Profibus DP ou PA permite adquirir os sinais de campo obtidos pelos equipamentos de aquisição instalados (módulos E/OS, transdutores, válvulas, etc...)

A transmissão dos dados obtidos é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e diagnósticos são transmitidos somente quando necessário, de maneira acíclica.

Através dos equipamentos de comunicação (exemplo: PLC's), é possível que grandes pacotes de dados sejam transferidos em inúmeras e poderosas funções de comunicação, mas torna-se necessário recorrer a sistemas diferentes, tais como: Intranet, Internet e Ethernet. Para isso acontecer é preciso optar pelos protocolos Profibus FMS e Profinet [15,33].

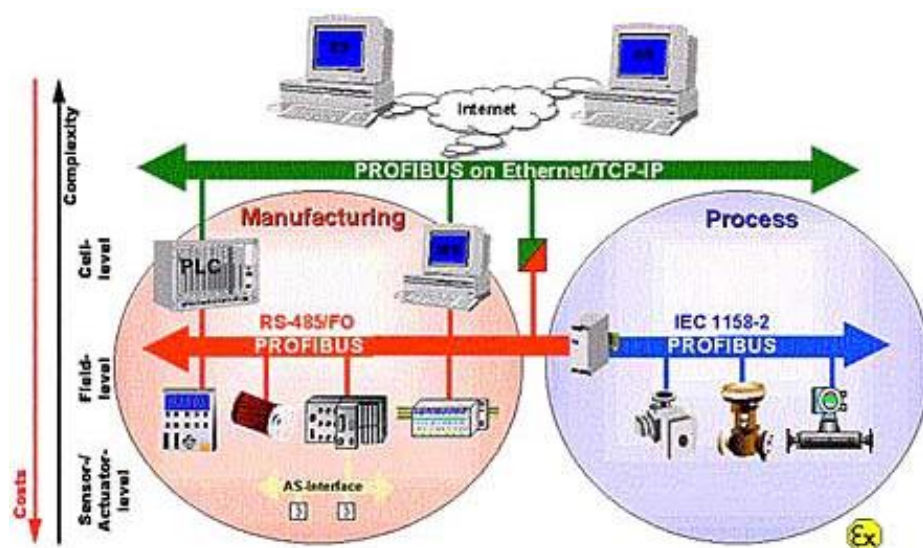


Ilustração 99 - Exemplo de uma implementação das variantes do Profibus num sistema de automação [33]

Todas as variantes do Profibus são baseadas no modelo OSI.

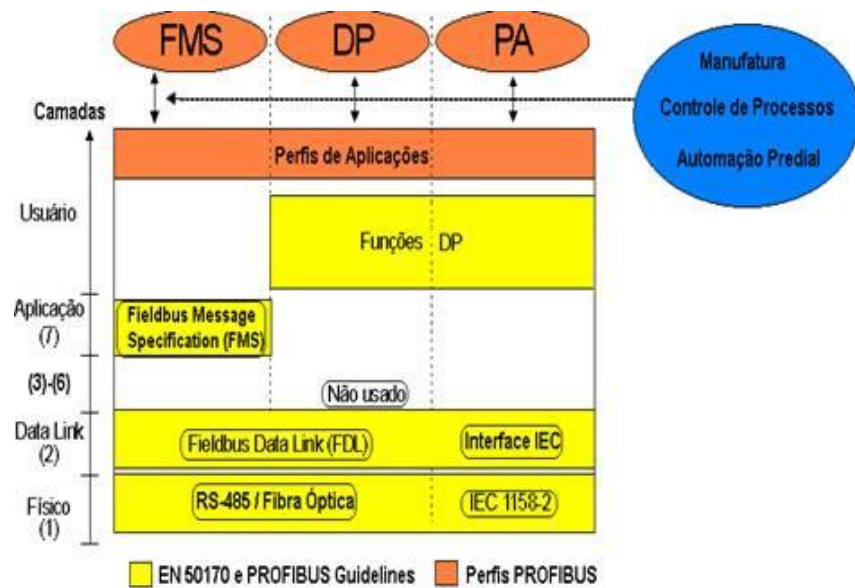


Ilustração 100 - Variantes do Profibus associadas ao Modelo OSI [33]

3.3.3.4.1. Profibus DP

É a solução de alta velocidade do Profibus. Foi desenvolvido especialmente para comunicações entre os sistemas de automações e equipamentos descentralizados.

Tem como base de transmissão física, RS-485 e Fibra Óptica. Requer menos de 2 ms para a transmissão de 1 kbyte de entrada e saída [15,33]

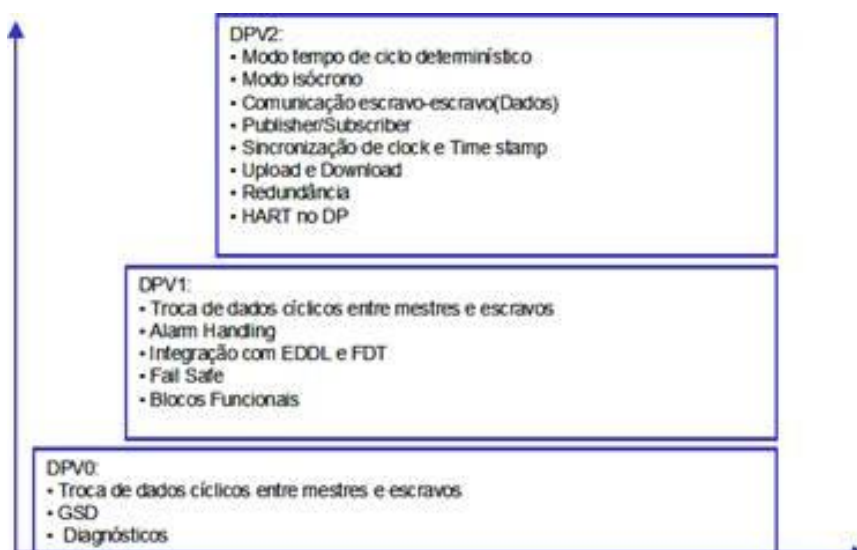


Ilustração 101 - Variantes do Profibus e suas funções

3.3.3.4.2. Profinet

O Profinet é um protocolo baseado em Ethernet para conectar dispositivos de processo (sensores, vários tipos de atuadores e similares), aos sistemas de controlo [15,34].

O Profinet usa estas quatro camadas do modelo OSI:

- **Ethernet** - Camadas físicas e de enlace de dados
- **IP** - Camada de rede
- **TCP ou User Datagram Protocol (UDP)** - Camada de transporte
- **Outros protocolos** - Camada de aplicação

Tipo de dispositivos associados:

- **Master DP1** = corresponde aos controladores
- **Master DP2** = corresponde aos dispositivos de monitorização
- **Slave** = corresponde aos dispositivos de campo

Na seguinte tabela, está presente uma comparação entre as características base da variante Profinet e Profibus.

PROFIBUS vs PROFINET		
Características	PROFIBUS	PROFINET
Organização	Profibus & Profinet International	
Hardware	GSD files - ASCII	GSD files - XML
Aplicações	rede fieldbus	
Meios físicos	RS-485	Ethernet
Velocidade	12 Mbit/s	100 Mbit/s ou 1 Gbit/s
Telegrama	244 bytes	1440 bytes (cyclic)
Tamanho do endereço	126	ilimitado
Tecnologia	mestre/escravo	fornecedor/consumidor
Wireless	Possível	IEC 802.11, 15.1
Movimento	32 eixos	>150 eixos
Machine to machine	Não	Sim
Integração vertical	Não	Sim
Conectividade	PA + others	many buses

Tabela 18 - Tabela comparativa entre Profibus e Profinet [35]

O Profibus é uma variante tradicional baseado na comunicação série, enquanto o Profinet é baseado no padrão Ethernet. Esta situação também é visível no protocolo Modbus, como já foi referido anteriormente, sendo o Modbus RTU baseado em comunicações seriais e o Modbus TCP/IP baseado no padrão Ethernet.

3.3.3.5. Resumo entre alguns dos protocolos estudados

Protocol	Access method	Separate CPU for communication	Dial-up modem	Variable types ⁽¹⁾						Max. number of bits/registers or bytes per message
				Boolean	Integer	Real	String	Word	Struct ⁽²⁾	
MasterBus 300	Ethernet	x		x	x	x				
MODBUS RTU	Multidrop			x	x					1968/123
MODBUS TCP	Ethernet	x		x	x	x				1968/123
IEC 61850	Ethernet	x		x	x	x				
AF 100	Twisted Pair	x		x	x	x		x		32 bytes
PROFIBUS DP	RS-485	x		x	x	x		x		244 bytes
ETHERNET/IP	Ethernet	x		x	x	x		x		508 bytes

Tabela 19 - Tabela de comparação entre os protocolos estudados [15]

3.3.3.6. Modelo OSI

O modelo OSI foi criado em 1970, mas apenas foi formalizado em 1983 pela ISO.

Tem como principal objetivo normalizar e criar um padrão standard para os diversos protocolos de comunicação. É constituído por 7 camadas e cada uma com a sua função.



Ilustração 102 - Modelo OSI [36]

Funções de cada camada:

7. Aplicação

- Fornece serviços às aplicações do utilizador.

6. Apresentação

- Encriptação e compressão de dados.
- Assegura a compatibilidade entre camadas de aplicação de sistemas diferentes.

5. Sessão

- Controla (estabelece, faz a gestão e termina as sessões entre aplicações).

4. Transporte

- Controlo de fluxo de informação, segmentação e controlo de erros.

3. Rede

- Encaminhamento (routing) de pacotes e fragmentação.
- Esquema de endereçamento lógico.

2. Dados

- Controla o acesso ao meio físico de transmissão.
- Controlo de erros de camada física.

1. Ambiente físico

- Define as características do meio físico de transmissão da rede, conectores, interfaces, codificação ou modulação de sinais.

Estes são os principais protocolos presentes nas diferentes camadas do Modelo OSI.



Ilustração 103 - Diferentes protocolos em cada camada do modelo OSI [36]

3.4. Restruturação do sistema de automação da CT do Caldeirão

3.4.1. Objetivos

A restruturação do sistema de automação da central, consiste principalmente na desativação dos quatro autómatos anteriores e na consequente substituição pelos atuais, instalados no quadro elétrico de cada grupo, ficando assim com oito autómatos ligados a cada grupo de produção. Relativamente aos sistemas auxiliares comuns elétricos e mecânicos, em vez de um autômato, a central passou a ter dois autómatos redundantes instalados nos respetivos quadros dos comuns mecânicos e, outros dois autómatos redundantes no quadro dos comuns elétricos).

Toda esta filosofia projetada para o novo sistema de automação, teve como principal objetivo, uma melhoria clara em termos de redundância e fiabilidade, da atualização da tecnologia implementada e da continuidade de serviço da instalação [3].

3.4.2. Supervisão e rede de comunicação

Quanto à infraestrutura física de supervisão já existente, não foram feitas alterações. Apenas foram consideradas as atualizações de software necessárias, associadas à substituição dos autómatos principais e à integração de novos sinais já eletrificados

No entanto, ao nível da rede de comunicação de supervisão, nomeadamente para a ligação de dados para o despacho da EDA, em vez de um módulo de comunicação (CI535 V23 MVI), utilizando o protocolo RP570 e uma gateway RP570-F4F, esta ligação foi realizada através do protocolo IEC 60870-5-104, como já mencionado.

Esta interface disponibiliza dados apenas para leitura e a sua ligação deve ser devidamente protegida, de forma a evitar o acesso direto à rede de controlo e a outras áreas restritas [3].

3.4.3. Controlo e rede de comunicação

A lógica de funcionamento da rede de controlo garante uma redundância a 100% entre os grupos de produção, para que em caso de falha de um autómato, não haja influencia no funcionamento de qualquer um dos restantes, mantendo o seu funcionamento nominal sem quaisquer restrições.

Esta independência foi igualmente considerada, no caso de falha do(s) autómatos(s) dos sistemas auxiliares comuns, mantendo também seu o funcionamento nominal.

Cada autómato dos grupos de produção realiza a exploração do grupo, sem dependência de qualquer um dos autómatos dos serviços auxiliares comuns.

Neste caso, os sistemas auxiliares comuns (cuja gestão automática realizada pelos seus autómatos fique desabilitada) deverão funcionar em modo de gestão manual [3].

3.4.4. Novos autómatos e rede de controlo

Foram instalados os autómatos da série AC800M, com módulos de processamento de modelos PM860A e PM866A. Para a interface de dados entre o sistema de supervisão 800xA existente e o novo sistema de controlo, estabeleceu-se uma nova rede Ethernet (TCP/IP), com a utilização de dois novos switches industriais redundantes, através do protocolo MMS (ISO 9506), utilizando os canais de supervisão existentes nas bases dos módulos de processamento dos autómatos AC800M, existentes para este fim.

Estas conexões servem-se dos dois canais de Ethernet (ligação em redundância) dos autómatos AC800M. No caso dos autómatos com processamento redundante, foram utilizados os quatro canais (dois de cada módulo de processamento) de modo a realizar de forma correta a ligação com redundância á rede de controlo.

Considera-se a integração da central de sincronização horária a este nível (rede de controlo) através do protocolo NTP, em vez da sua ligação direta ao autómato dos auxiliares comuns, através de conexão RS-232, como era anteriormente.

A central de sincronização horária utilizada foi a anterior, preparada pela EDA para a nova interface [3].

3.4.4.1. Gestão e controlo dos grupos de produção

Desativaram-se os autómatos existentes nos quadros elétricos CFC041, CFC051 e CFC071 e procedeu-se à instalação dos novos autómatos independentes, um por cada grupo de produção, para a realização do processamento de lógica e aquisição de sinais com vista à gestão e controlo dos sistemas elétricos e mecânicos associados [3]

Cada um destes oito novos autómatos está instalado no respetivo quadro elétrico e é composto pelos seguintes módulos:

- Um módulo de processamento do modelo PM860A (48MHz).

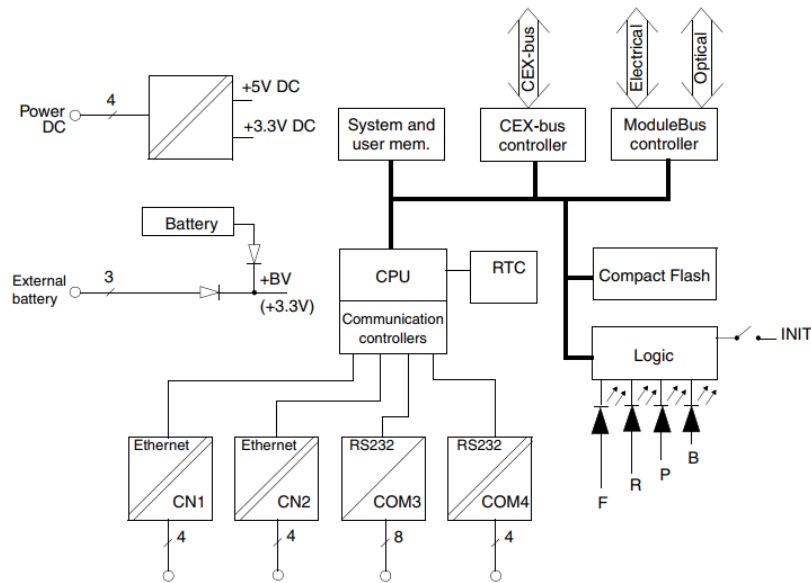


Ilustração 104 - Diagrama de blocos do PM860A [13]

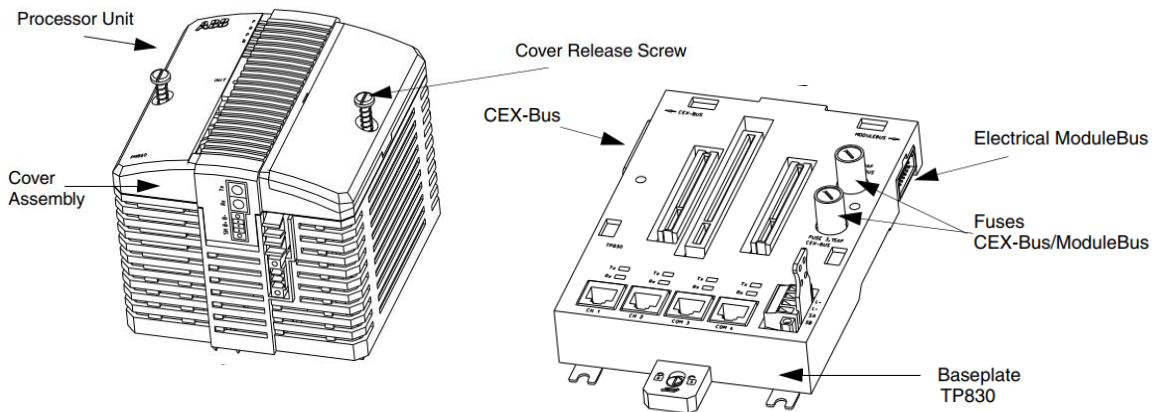


Ilustração 105 - Visualização geral da montagem do PM860A [13]

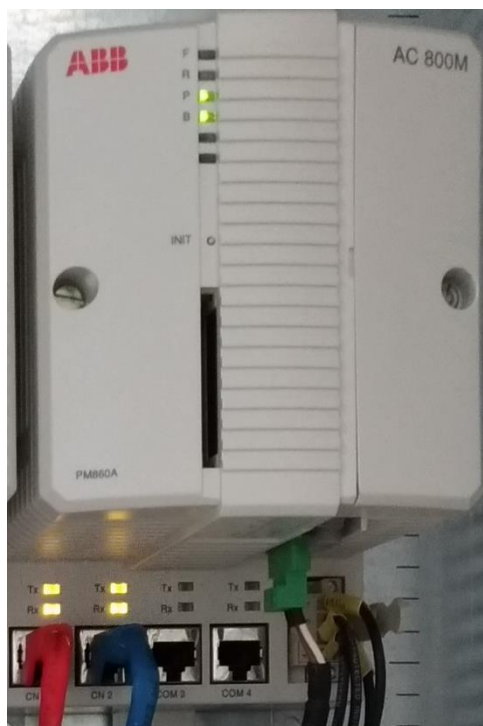


Ilustração 106 - Módulo de processamento PM860A (AC800M)

- Dois módulos de comunicação de modelo CI854A para interface com as unidades de aquisição de dados remota (bus de campo), através do protocolo Profibus DP-V1, numa rede redundante (**Nota:** na foto seguinte, a rede Profibus redundante ainda não tinha sido acabada).

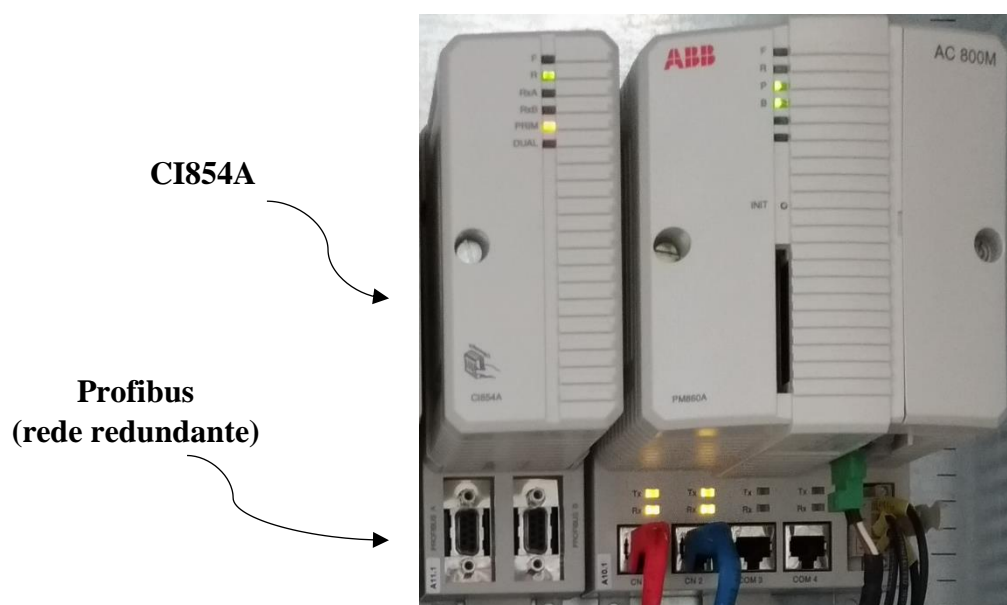


Ilustração 107 - Módulo de comunicação CI854A numa rede redundante Profibus e módulo PM860A

- Um módulo de comunicação de modelo CI853 (RS-232C) para a interface com os equipamentos elétricos de monitorização e medida, através do protocolo Modbus RTU.



Ilustração 108 - Módulo de comunicação CI853



Ilustração 109 – Módulo de comunicação CI853, CI854A e PM860A (AC800M)

3.4.4.2. Gestão e controlo dos sistemas auxiliares comuns

O anterior autómato que realizava a gestão e controlo dos sistemas auxiliares comuns, instalado no quadro elétrico CFA902, foi substituído por dois, com o intuito de separar a gestão dos sistemas auxiliares elétricos comuns (quadros CFA901/B, CFA903/B e CFA904 e sistemas de monitorização e medida), da gestão dos sistemas auxiliares mecânicos comuns (quadros CFA909, CFA907, CFA905, CFA908 e CFA905).

Cada um destes autómatos está equipado com módulos de processamento redundantes instalados no próprio quadro elétrico (CFA910 e CFA911).

Neste seguimento, um dos autómatos (sendo eles iguais) destinado à **gestão dos sistemas auxiliares elétricos comuns**, é composto essencialmente pelos seguintes módulos:

- Dois módulos de processamento de modelo PM866A (133MHz), para processamento em redundância, cada um equipado com uma unidade de interligação CEX-Bus (BC810) e unidades de alimentação através de uma bateria externa (SB822) [3].



Ilustração 110 - Dois módulos PM866A redundantes (PLC A e PLC B)



Ilustração 111 - Representação da unidade de alimentação (bateria externa) SB822 [13]



Ilustração 112 - Unidade de interligação CEX-Bus (BC810)

- Dois módulos de comunicação de modelo CI854A para interface com as unidades de aquisição de dados remota (RTU's), através do protocolo Profibus, numa rede redundante [3].

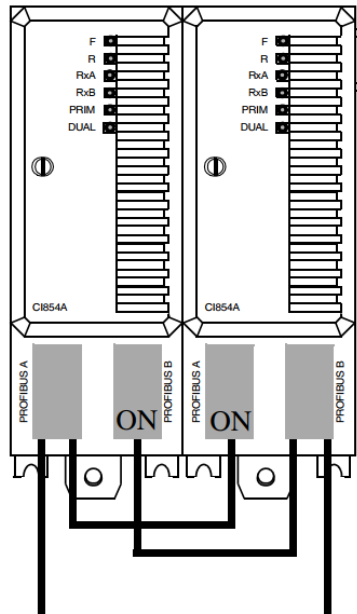


Ilustração 113 – Representação de uma rede Profibus DP redundante [13].

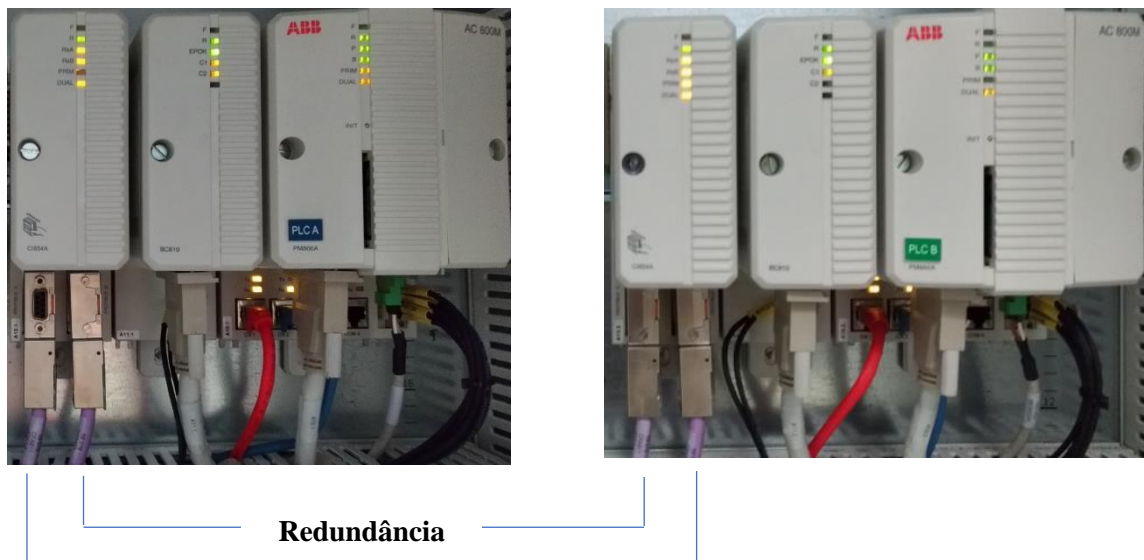


Ilustração 114 – Rede Profibus redundante entre os módulos CI854A

Por sua vez, um dos autômatos (também eles iguais) destinado à **gestão dos sistemas auxiliares mecânicos comuns**, é simplesmente composto por:

- Dois módulos de processamento PM860A (133 MHz), também em redundância e equipado com as mesmas unidades.
- Dois módulos de comunicação CI854A, para interface com as unidades de dados remota (RTU's), através de uma rede Profibus, também redundante [3].

3.4.5. Redes de campo e aquisição de dados

3.4.5.1. Protocolo Profibus DP

A nível das redes de campo e da aquisição de dados, foram feitas algumas alterações relativamente ao sistema anterior, destacando-se:

- A substituição do protocolo de campo AF100 pelo protocolo Profibus, com a intenção de aumentar a fiabilidade e a velocidade na transmissão de dados entre as RTUs e os autómatos.

Cada um dos módulos de comunicação CI854A mencionados no ponto anterior faz a interface com as RTU's, através de redes com redundância do tipo RS-485 ou FO (Fibra Ótica) com recurso a conversores. Os módulos de comunicação das RTUs são de modelo **CI840A** (FCI – Fieldbus Communication Interface) e realizam interface com as cartas de aquisição de dados (DI810, DI830, AI810, AI830, AI835 e AO820).



Ilustração 115 - Módulo de comunicação CI840A das RTU's [13]

As cartas de aquisição de dados existentes na serie DI830 tem a funcionalidade de datação de eventos ao nível da carta (SoE – Sequence of Events), sendo o envio de informação das entradas acompanhado da respetiva time stamp do evento. Como estas unidades não são compatíveis com a utilização do protocolo Profibus, considerou-se a sua substituição por cartas DI810, desde que seja garantida a correta sequência de eventos durante anomalias que produzam grandes grupos de alarmes/eventos e que todos estes eventos sejam datados com a referência do MTC (Master Time Center) [3].

Todas as fotos das cartas de aquisição e as suas características gerais estão presentes no capítulo dos Anexos. (**Anexo A1 e A2**)

3.4.5.2. Modbus RTU

A comunicação através do protocolo Modbus RTU continuará a ser utilizada para a realização da interface entre os autómatos principais e os equipamentos de monitorização e medida. Estes equipamentos, associados aos grupos de produção, em que anteriormente era utilizada uma linha Modbus para cada conjunto de dois grupos de produção, foi alterada, de modo a que cada autómato faça a interface apenas com os equipamentos de monitorização e medida diretamente associados ao grupo de produção a que efetua gestão/controlo.

Para o efeito, será necessária duplicação dos conversores RS-232 para RS-485, através dos conversores MDW-45 [3].



Ilustração 116 - Conversores RS-232 para RS-485 de modelo MDW-45.

3.4.5.3. Modbus TCP

Para interface dos autómatos dos grupos de produção com as proteções elétricas de grupo e transformador (REM, SPAD), foi utilizado o protocolo Modbus TCP, em redes sem redundância (uma por autômato), com recurso a uma *gateway* de modelo SPA-ZC 400 (Modbus TCP (*Ethernet*) \leftrightarrow SPA-Bus (FO))

As proteções elétricas estão agrupadas por cada grupo de produção e interligadas num anel de fibra ótica (SPA-Bus) com origem na **gateway** da linha Modbus TCP proveniente [3].

3.4.6. ABB AC800M

3.4.6.1. Caracterização

Os autómatos da família AC 800M são considerados plataformas de hardware que incluem módulos individuais, que podem ser configurados e programados para executarem múltiplas funções. Este assegura total disponibilidade para cumprir todos os requisitos de produção, com opções de redundância práticas a todos os níveis.

Para sistemas redundantes, como é o caso, o controlador contém duas unidades de processamento. Uma destas unidades é considerada como primária, controlando todo o processo e a outra unidade é um backup, estando preparada para assumir as mesmas funções em caso de falha [13]

Os módulos de hardware que formam estes controladores são:

- **Módulos de processamento** (incluindo placa de base) (PM851 / PM851A / PM856 / PM856A / PM860 / PM860A / PM861 / PM861A / PM864 / PM864A / PM865 / PM866 / PM891).
- **Módulos de processamento de alta Integridade** (consiste em PM865 e SM810 / SM811 com placas de base correspondentes).
- **Módulos de comunicação** para diferentes protocolos (incluindo placas de base) (CI851 / CI852 / CI853 / CI854 / CI854A / CI855 / CI856 / CI857 / CI858 / CI860 / CI862 / CI865 / CI867 / CI868 / CI869 / CI871 / CI872 / CI873).

- **Módulos de Interconexão CEX-Bus** (BC810).
- **Módulos de fonte de alimentação**, com vários níveis de potência de saída SD831 / SD832 / SD833 / SD834 / SS823 / SS832).
- **Módulos de reserva de bateria** (SB821 / SB822).
- **Módulos S800 E/S**.



Ilustração 117 - Exemplo de um AC 800M e alguns dos seus módulos

Todos os dados técnicos destes autómatos foram retirados dos seus *datasheets* e estão presentes nos Anexos (**Anexo A2 – Dados técnicos dos Autómatos ABB AC800M**).

3.4.7. Solução de automação existente vs Solução de automação atual

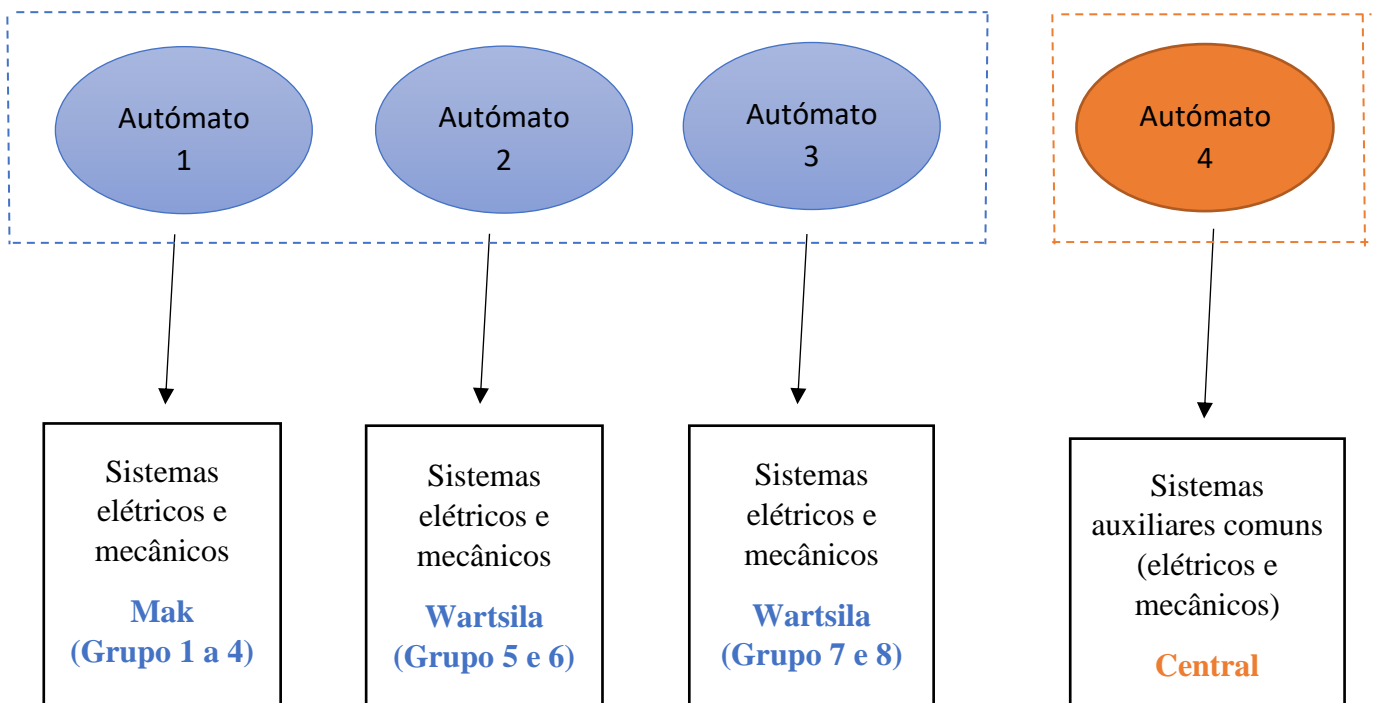
Neste tópico será feita uma abordagem resumida de um ponto de vista comparativo entre os dois sistemas de automação estudados e presentes na temática do estágio.

Ambas as soluções de automação são ABB, desenvolvidas em torno de uma arquitetura semelhante, mas com algumas diferenças e conceitos distintos.

A **solução existente** (antes da remodelação) era precária a nível de redundância, apresentando por isso, fracos níveis de fiabilidade e interoperabilidade do sistema em geral.

Para melhor perceber este ponto de vista e aproveitando também o que já foi explicado anteriormente, o seguinte diagrama expressa a débil disposição do sistema quanto à gestão e controlo dos sistemas elétricos e mecânicos dos **grupos de produção Mak** e dos **grupos de produção Wartsila** e também quanto à gestão dos sistemas auxiliares comuns elétricos e mecânicos da **Central**.

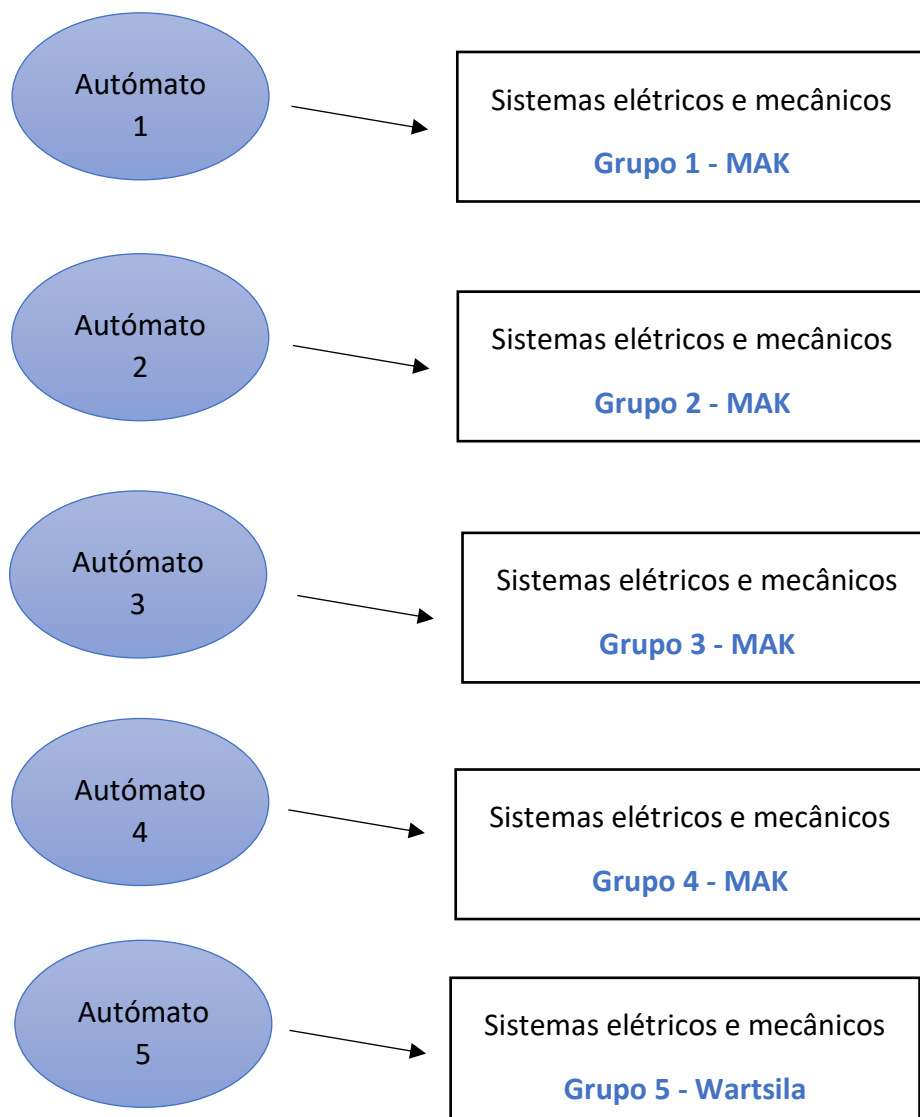
Sistema de automação existente

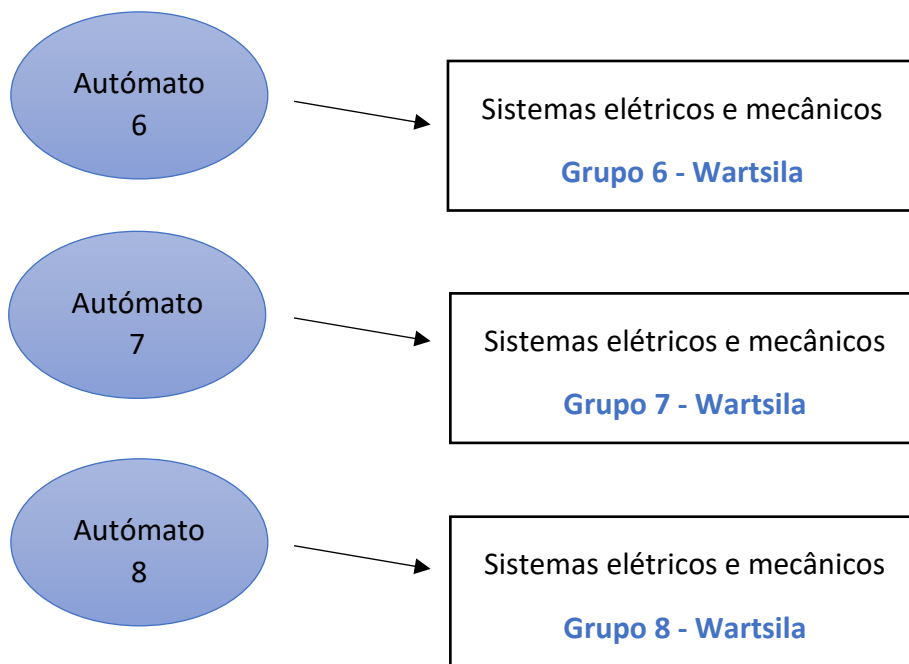


Quanto à **nova solução** (depois da remodelação), houve uma grande alteração na capacidade de redundância e flexibilidade do sistema de automação. O sistema garante bons níveis de segurança e interoperabilidade, prevenindo e protegendo toda a instalação de possíveis falhas ou erros, que colocariam em causa a qualidade e continuidade do funcionamento nominal da central.

De maneira a visualizar as diferenças e as vantagens deste novo sistema, o diagrama seguinte descreve a sua distribuição. Aqui, **cada grupo de produção Mak e Wartsila** tem um autómato responsável pela gestão e controlo dos seus sistemas comuns elétricos e mecânicos, comparativamente ao autómato anterior, que desempenhava estas funções para os 4 grupos de produção Mak e outros dois autómatos para os quatro grupos Wartsila.

Sistema de automação atual





Relativamente à gestão dos sistemas auxiliares comuns elétricos e mecânicos da **Central**, também surgiram algumas alterações, se antes havia apenas um autômetro destinado aos comuns elétricos e mecânicos da central, agora existem dois autômetros para a parte elétrica e dois autômetros para a parte mecânica, como é visível na continuação do diagrama.

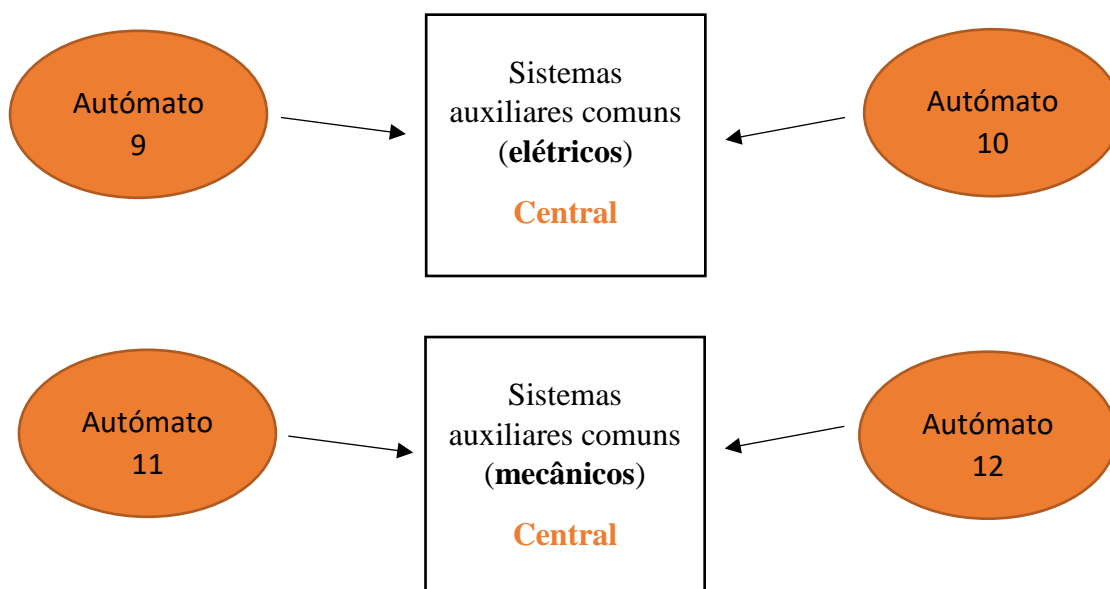


ABB AC450



Ilustração 118 - ABB AC450 e seus módulos

ABB AC800

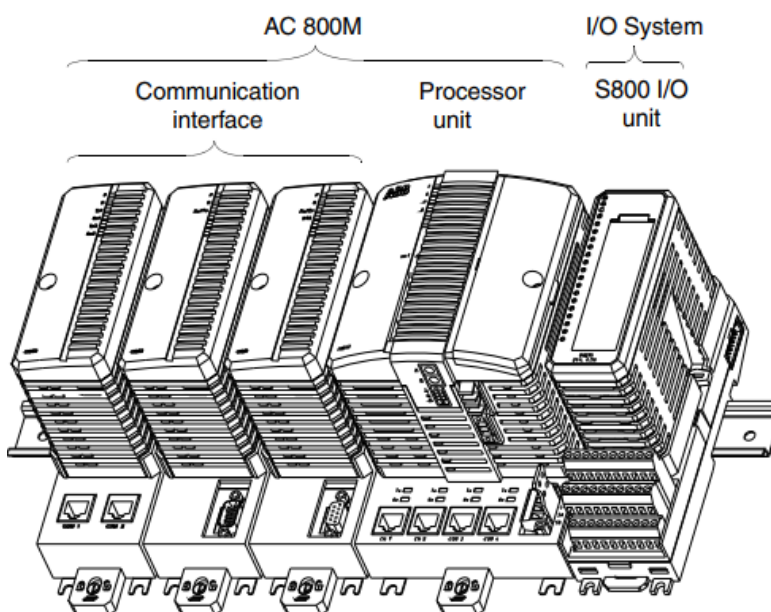


Ilustração 119 - Representação do autômato AC 800M [13]



Ilustração 120 - ABB AC 800M e os seus módulos

No meu ponto de vista, a grande vantagem desta atualização tecnológica, é o padrão redundante que o sistema garante, ajudando a proteger a continuidade dos serviços da central.

A implementação de um autómato dedicado a cada grupo de produção, proporciona maior segurança, confiança e controlo na gestão dos grupos, quanto a possíveis falhas e/ou erros (a nível do autómato).

A nível de todos os outros sistemas da central, a separação entre os comuns elétricos e os comuns mecânicos, permitiu também mais flexibilidade e controlo na sua gestão, com dois autómatos redundantes (um no ativo e o outro preparado em caso de falha), para os comuns elétricos e outros dois autómatos, também redundantes, para os comuns mecânicos.

Em suma, no sistema antigo se ocorresse algum problema com um dos autómatos, no mínimo poderia parar dois grupos de produção e, no caso de serem grupos Wartsila, ocorreria um “blackout” na central, afetando desta forma a produção, o transporte e a distribuição da energia elétrica da ilha de São Miguel, como aconteceu recentemente.

3.5. Descrição dos trabalhos efetuados aquando do Estágio

3.5.1. Ilha da Terceira – Ampliação da CT do Belo Jardim

3.5.1.1. Rede de Terras e Proteção contra Descargas Atmosféricas

A Central Termoelétrica do Belo Jardim situa-se no concelho da Praia da Vitória, na ilha da Terceira, no arquipélago dos Açores. É a principal central de produção de energia elétrica na ilha e única como solução desta natureza.

De momento, encontra-se sujeita a um grande projeto de ampliação, tanto a nível dos grupos de produção, como de outros sistemas e instalações da central.

Foi pedido uma análise/verificação e validação de alguns tópicos dos princípios gerais de execução e instalação das **CTE – Condições Técnicas Especiais**, a que devem obedecer o respetivo projeto, as montagens, os fornecimentos e serviços relativos a realização da rede de terras enterrada, malhas equipotenciais e proteção contra descargas atmosféricas externas e descargas no interior das instalações entre os diferentes componentes ativos e passivos dos sistemas.

Toda a análise feita a este projeto, está descrita e explicada nos Anexos (**Anexo C – Trabalhos realizados no contexto do Estágio; Anexo C1 - Ilha da Terceira; Anexo C1.1 - CT do Belo Jardim – Rede de Terras e SPDA**).

3.5.1.2. Sistema Automático de Detecção de Incêndios (SADI)

Foi pedido uma análise/verificação e validação de alguns tópicos dos princípios gerais de execução e instalação das **CTE – Condições Técnicas Especiais**, a que devem obedecer o respetivo projeto, as montagens, os fornecimentos e serviços relativos à instalação do novo sistema automático de detecção de incêndios (SADI) e todos os seus equipamentos.

Toda a análise feita a este projeto, está descrita e explicada nos Anexos (**Anexo C – Trabalhos realizados no contexto do Estágio; Anexo C1 - Ilha da Terceira; Anexo C1.2 - CT do Belo Jardim – SADI**).

3.5.1.3. Iluminação Normal e Emergência e Tomadas

Foi pedido uma análise/verificação e validação de alguns tópicos dos princípios gerais de execução e instalação das CTE – **Condições Técnicas Especiais**, a que devem obedecer o respetivo projeto, as montagens, os fornecimentos e serviços relativos aos materiais e equipamentos necessários ao estabelecimento no novo projeto de iluminação e tomadas da central.

Toda a análise feita a este projeto, está descrita e explicada nos Anexos (**Anexo C – Trabalhos realizados no contexto do Estágio; Anexo C1 - Ilha da Terceira; Anexo C1.3 - CT do Belo Jardim – Iluminação e Tomadas**).

A tabela seguinte representa o resumo de toda a análise feita ao projeto de iluminação normal (interior e exterior) e de emergência da central.

Tabela resumo da análise feita à tipologia de iluminação

		Tipo	Local de aplicação	Armadura (Modelo)	Armadura (Marca)	Temperatura	Índice de Proteção
ILUMINAÇÃO INTERIOR	Normal e Emergência	Industrial estanque	Zonas técnicas pé-direto BAIXO	TANK	FARIFER	4000K	IP65
		Industrial retilinea estanque	Zonas técnicas pé-direto ELEVADO	YES	FARIFER		IP65
	Segurança	Bloco autónomo permanente	Interior	LIMA XDI	LEUK		IP65
		Bloco autónomo não permanente com dois projetores orientáveis	Interior	FAROL	LEUK		IP65
ILUMINAÇÃO EXTERIOR	Exterior	Consola tubular	Exterior	VOLTANA 3 - 24 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro ou quente	IP66
		Coluna metálica com braço simples	Exterior	VOLTANA 2 - 24 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro ou quente	IP66
		Coluna metálica com braço duplo	Exterior	VOLTANA 3 - 24 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro ou quente	IP66
		Coluna metálica com coroa móvel	Exterior	OMNIstar - 128 LEDs	SCHRÉDER	4000K	IP65/IP66

Tabela 30 - Resumo da análise feita ao projeto de iluminação e tomadas da central

3.5.2. Ilha de São Jorge – Ampliação da CT do Caminho Novo

3.5.2.1. SPACC

A Central Termoelétrica do Caminho Novo situa-se no concelho de Velas, na ilha de São Jorge, no arquipélago dos Açores. É a principal central de produção de energia elétrica na ilha e única desta tipologia.

A cargo de convite por parte do orientador de estágio, surgiu a oportunidade de integrar uma viagem à ilha de São Jorge, mais concretamente à central termoelétrica. O grande objetivo desta deslocação, foi enquadrar o tipo de projetos desta natureza para tentar facilitar o acompanhamento e aprendizagem do tema principal de estágio, a remodelação do sistema de automação da central termoelétrica do caldeirão na ilha de São Miguel.

Toda a aprendizagem e experiência retirada desta oportunidade que me foi dada, está presente nos Anexos (**Anexo C – Trabalhos realizados no contexto do Estágio; Anexo C2 - Ilha de São Jorge; Anexo C2.1 – CT do Caminho Novo - Enquadramento e SPACC**)

3.5.3. Ilha de São Miguel – CT do Caldeirão

3.5.3.1. Revitalização do sistema de automação

3.5.3.1.1. Desenho da rede elétrica do novo sistema de automação

Durante o acompanhamento do projeto de revitalização do sistema de automação, foi pedido que elaborasse um desenho da rede elétrica do novo sistema de automação da central, com o principal objetivo de anexar o desenho ao processo da obra, de modo a guardar uma planta em escala real de todas as ligações elétricas e caminhos de cabos desta nova rede de automação.

O desenho foi feito no Autocad, convertido depois num PDF dinâmico, capaz de:

- a) Visualizar todas as ligações e caminhos de cabos da instalação inteira. Foi feita uma análise aos desenhos técnicos fornecidos pela ABB, da distribuição do AC800M e um levantamento de toda a instalação em conjunto com o gestor de obra da empresa adjudicada, de modo a consolidar todo este novo sistema e como a central se interliga com o controlador e os seus módulos, através dos diferentes protocolos e os seus meios de comunicação. Posto isto, foi feita a legenda do desenho com os respetivos protocolos e os seus meios físicos, com as cores implementadas no projeto real, de acordo com:

— Profibus DP | multimode fiber
— Profibus DP | twp RS-485
— Optical modulebus | multimode fiber
— Optical modulebus | HSC fiber
— Modbus RTU | twp RS-485

Ilustração 121 - Legenda da planta geral com os protocolos e meios de comunicação usados no projeto

- b) Identificar todos os quadros elétricos presentes e os cabos de acordo com a nomenclatura real do projeto.

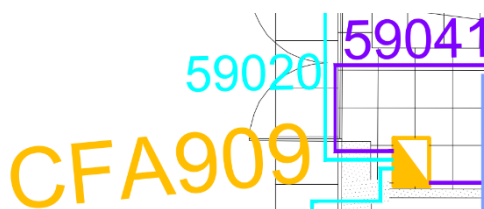


Ilustração 122 - Exemplo da identificação do quadro CFA909 e algumas das suas ligações

- c) Mostrar e esconder as “layers” (Exemplo: Layer – **E08_optical modulebus_multimode fiber**), o que permite ser seletivo no tipo de ligação ou ligações a observar, nos protocolos e meios de comunicação usados e o respetivo caminho traçado. A ilustração 123 recria o exemplo dado, representando a ligação desde o quadro dos sistemas auxiliares do grupo de produção nº8, até ao respetivo quadro do grupo (CFC080 → CFE081).

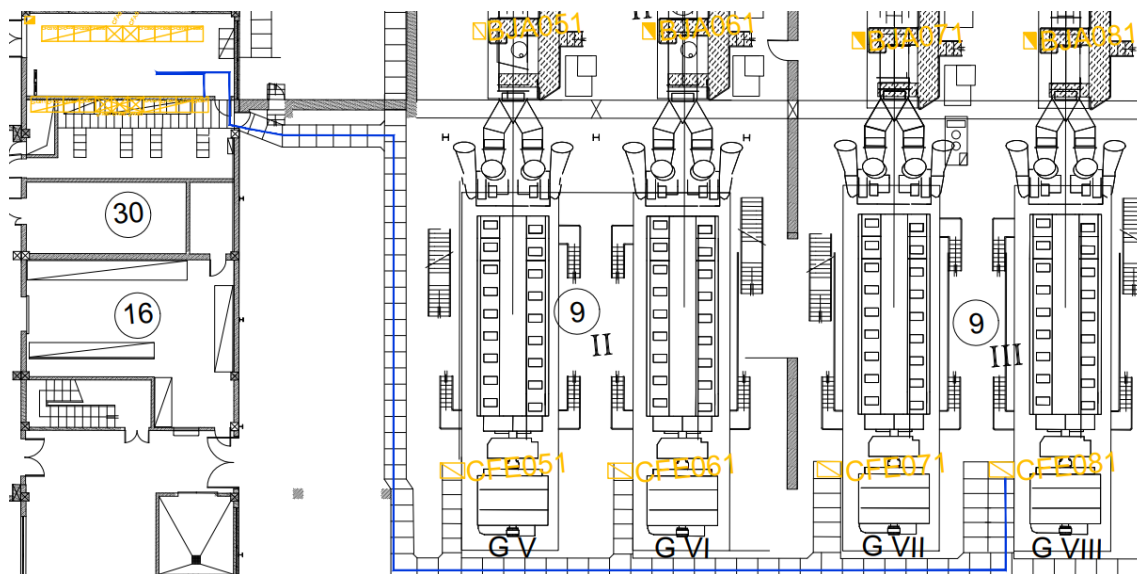


Ilustração 123 - Exemplo do potencial do pdf mostrando apenas a "layer" pretendida

- d) Compreender e visualizar toda informação relativa à nova instalação dos grupos de produção Mak e Wartsila, nomeadamente, a origem e o destino de cada ligação e a sua identificação, o tipo de cabo e o seu comprimento e características.

Na tabela 21, estão presentes todas as ligações entre os quadros dos sistemas auxiliares dos grupos Mak (CFC010, ..., CFC040) e os quadros dos grupos de produção (CFE011, ..., CFE041). Na ilustração 124, está o desenho de todas estas ligações.

Grupo	Origem	Destino	Identificação	Cabo	Cabo	Comprimento
1	CFC010	CFC011	11114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	7 m
	CFC011	BFA011	11115	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	46 m
	CFC010	CFC011	11116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	7 m
	CFC010	CFC011	11118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	7 m
	CFC011	CFE011	11122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	46 m
2	CFC020	CFC021	12114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	7 m
	CFC020	CFC021	12116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	7 m
	CFC020	CFC021	12118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	7 m
	CFC021	CFE021	12122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	40 m
3	CFC030	CFC031	13114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	6 m
	CFC031	BFA031	13115	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	30 m
	CFC030	CFC031	13116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	6 m
	CFC030	CFC031	13118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	6m
	CFC031	CFE031	13122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	30 m
4	CFC040	CFC041	14114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	4 m
	CFC040	CFC041	14116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	4 m
	CFC040	CFC041	14118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	4 m
	CFC041	CFE041	14122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	21 m

Tabela 21 - Tabela resumo de todas as ligações e características dos grupos de produção Mak.

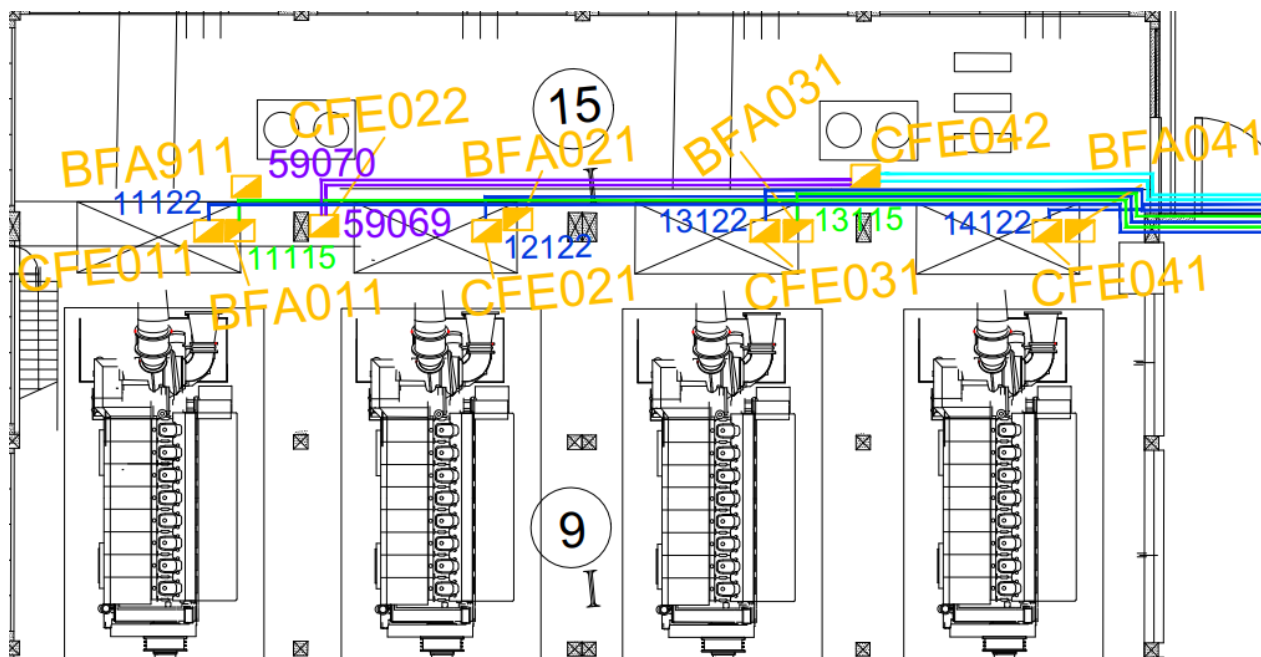


Ilustração 124 - Ligações entre os quadros dos auxiliares dos grupos Mak aos quadros dos grupos de produção

Por sua vez, a tabela 22 mostra todas as ligações referentes aos grupos de produção Wartsila e na ilustração 125, está exposto o desenho destas ligações.

Grupo	Origem	Destino	Identificação	Cabo	Cabo	Comprimento
5	CFC050	CFC051	15114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	4 m
	CFC051	BFA051	15115	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	39 m
	CFC050	CFC051	15116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	4 m
	CFC050	CFC051	15118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	4 m
	CFE051	BJA051	15127	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	22 m
	BJA051	CFE052	15128	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	17 m
	CFC051	CFE051	15122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	46 m
6	CFC060	CFC061	16114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	5 m
	CFC060	CFC061	16116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	5 m
	CFC060	CFC061	16118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	5 m
	CFC061	CFE061	16122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	55 m
	CFE061	BJA061	16127	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	22 m
	BJA061	CFE062	16128	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	13 m
7	CFC070	CFC071	17114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	6 m
	CFC070	CFC071	17116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	6 m
	CFC070	CFC071	17118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	6 m
	CFC071	CFE071	17122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	65 m
	CFE071	BJA071	17127	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	22 m
	BJA071	CFE072	17128	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	17 m
8	CFC080	CFC081	18114	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	7 m
	CFC081	BFA081	18115	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	75 m
	CFC080	CFC081	18116	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	7 m
	CFC080	CFC081	18118	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	7 m
	CFE081	BJA081	18127	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	22 m
	BJA081	CFE082	18128	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	13 m
	CFC081	CFE081	18122	Optical Modulebus multi fiber	62,5/125	75 m

Tabela 22 - Tabela resumo de todas as ligações e características dos grupos de produção Wartsila.

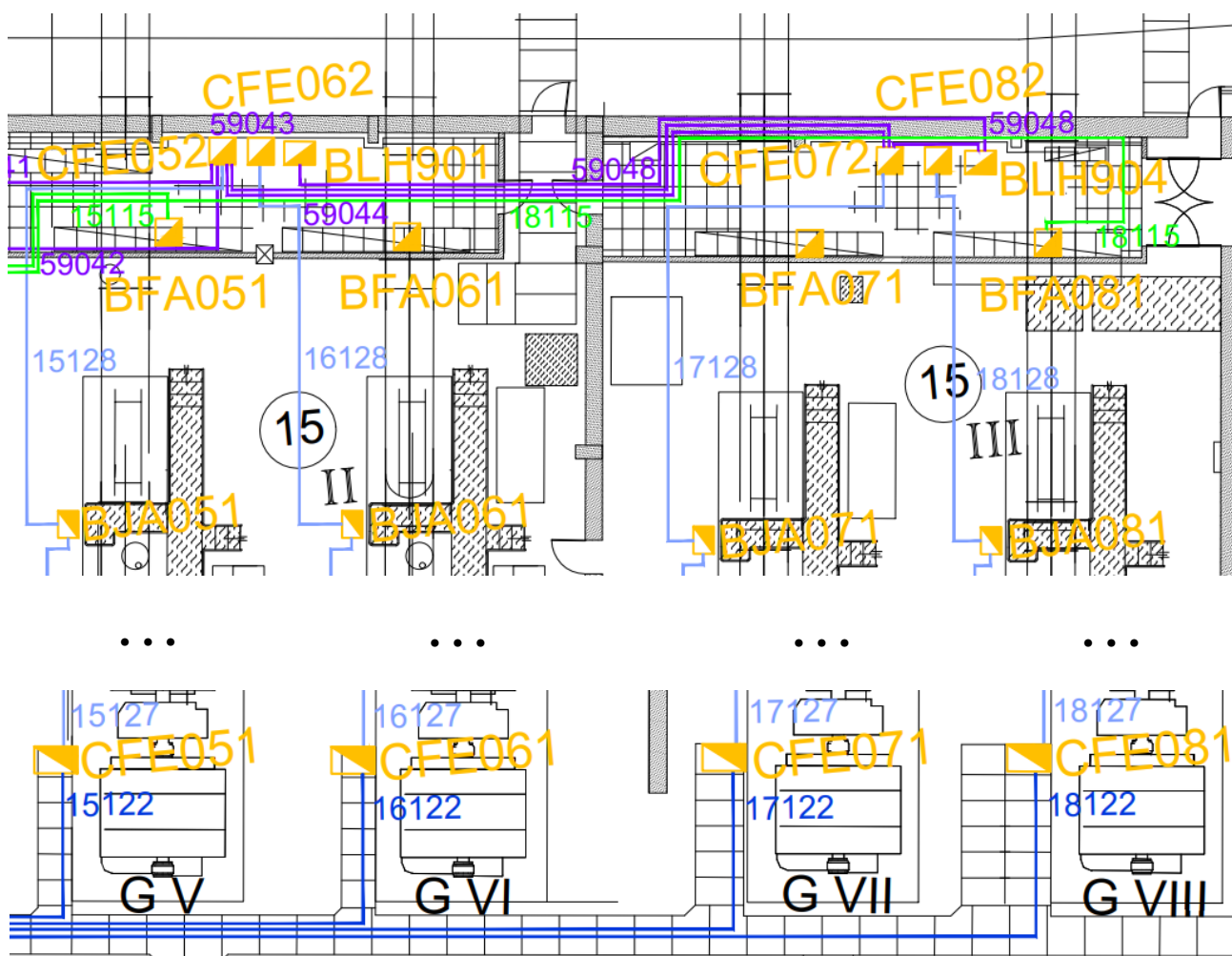


Ilustração 125 - Ligações entre os quadros dos auxiliares dos grupos Wartsila aos quadros dos grupos de produção

Novamente, para ajudar em toda a leitura da planta e facilitar a sua interpretação, foram também criadas tabelas resumo, com todas as ligações dos novos quadros dos sistemas auxiliares da central (CFA910 e CFA911). A tabela 23 é referente aos sistemas auxiliares comuns elétricos (CFA911), enquanto a tabela 24 retrata os comuns mecânicos (CFA910).

Origem	Destino	Identificação	Cabo	Cabo	Comprimento
CFA911	CFA901	59077	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	3 m
CFA911	CFA901	59078	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	3 m
CFA911	CFA903	59085	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	4 m
CFA911	CFA903	59086	Optical Modulebus HCS fiber	200/230	4 m
CFA901	CFA904	59081	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	8 m
CFA901	CFA904	59082	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	8 m
CFA911	CFA902	59089	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	3 m
CFA911	CFA901	59090	Modbus RTU twp RS-485	1x2x0,25 mm ²	4 m

Tabela 23 - Tabela resumo de todas as ligações e características dos quadros dos comuns elétricos

Origem	Destino	Identificação	Cabo	Cabo	Comprimento
CFE042	CFA910	59036	Profibus DP multimode fiber	62,5/125	25 m
CFA910	CFA909	59016	Profibus DP multimode fiber	62,5/125	32 m
CFA909	CFA907	59020	Profibus DP multimode fiber	62,5/125	94 m
CFA909	CFE052	59041	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	11 m
CFA909	CFE052	59042	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	10 m
CFA907	CFA906	59024	Profibus DP multimode fiber	62,5/125	87 m
CFA906	CFA908	59061	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	9 m
CFA906	CFA908	59062	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	9 m
CFA906	CFA905	59028	Profibus DP multimode fiber	62,5/125	206 m
CFA905	CFE042	59032	Profibus DP multimode fiber	62,5/125	241 m
CFE042	CFE022	59069	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	16 m
CFE042	CFE022	59070	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	16 m
CFE052	CFE072	59043	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	23 m
CFE052	CFE072	59044	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	23 m
CFE072	BLH904	59047	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	3 m
BLH904	BLH901	59048	Profibus DP twp RS-485	1x2x0,65 mm ²	24 m

Tabela 24 - Tabela resumo de todas as ligações e características dos quadros dos comuns mecânicos

Na ilustração 126, está presente o pormenor das ligações das saídas e entradas dos quadros dos sistemas auxiliares dos grupos de produção (CFC010, ..., CFC080) e dos quadros dos sistemas auxiliares comuns mecânicos e elétricos da central (CFA910 e CFA911).

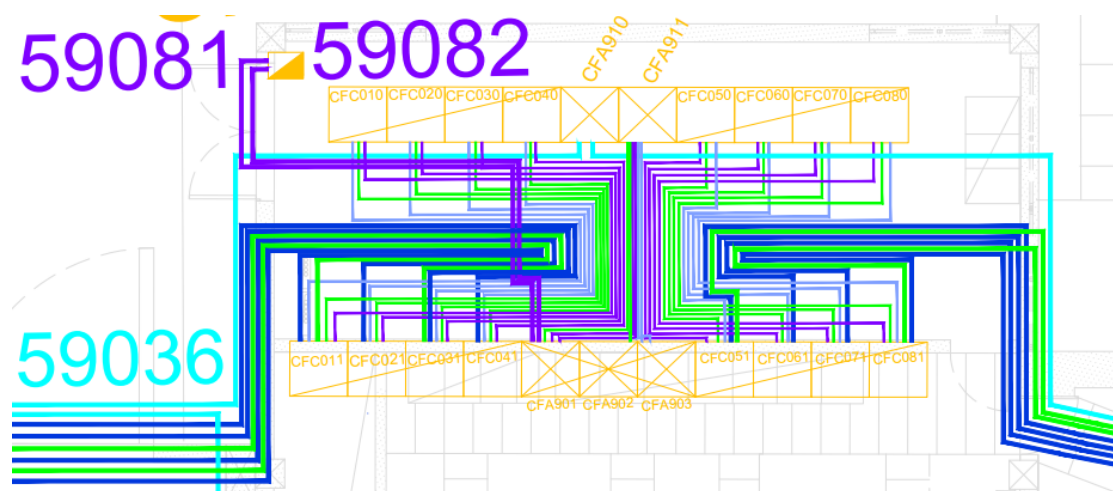
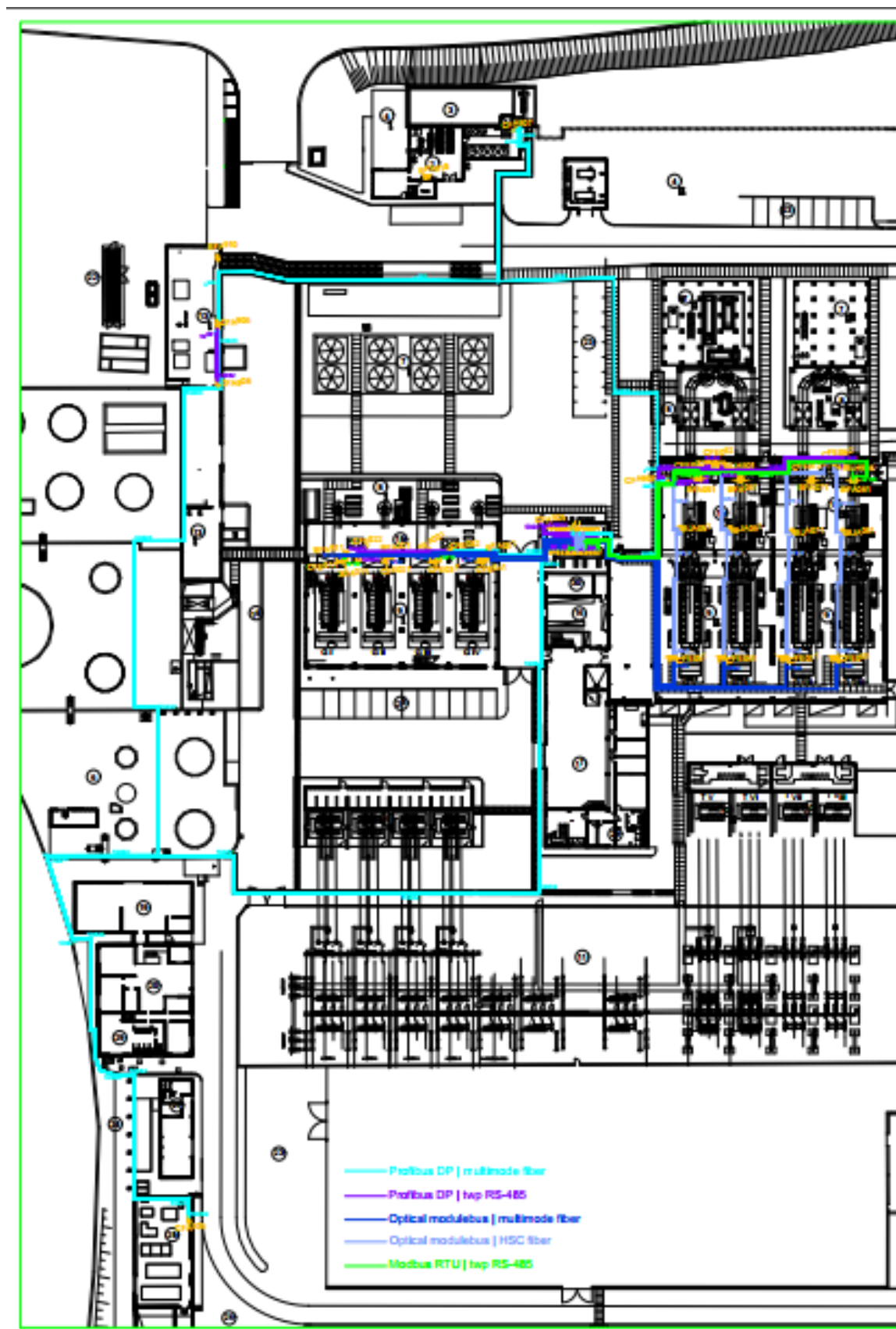


Ilustração 126 - Representação das ligações principais da Sala de Comandos do novo sistema de automação

Em suma, foi um trabalho muito interessante. Permitiu interagir de uma forma mais ativa no projeto e na sua conclusão, penso que cumpriu todos os objetivos pretendidos pelo orientador e pelo responsável da central, tornando-se um meio de análise e de trabalho futuro.

Planta geral da rede elétrica do novo sistema de automação



3.5.3.1.2. Estudo e desenho do novo sistema CCTV

No seguimento do acompanhamento à obra de remodelação do sistema de automação, mas ainda dentro do contexto do estágio, foi pedido um projeto de execução do novo sistema CCTV para a central termoe elétrica do caldeirão.

Aproveitando, como explicado no tópico anterior, a familiarização com as instalações da central e o trabalho nas suas plantas em Autocad, o projeto deu seguimento pelo mesmo caminho.

Na central existem sete bastidores. O Bastidor A localizado no piso 1, na zona dos escritórios é o principal, sendo os outros dispostos da seguinte forma:

- **Bastidor B** – Sala de quadros dos grupos Wartsila.
- **Bastidor C** – Zona de bombagem, transfega e combustíveis.
- **Bastidor D** – Zona dos grupos de emergência.
- **Bastidor E** – Edifício da manutenção.
- **Bastidor F** – Inativo.
- **Bastidor G** – Zona dos transformadores auxiliares dos grupos Wartsila.

Em cada bastidor, foi feito três circunferências com centro no mesmo, para delimitar os três níveis de alcance da instalação de cada câmara (60, 80 e 100 metros). Na ilustração 121, está presente parte do desenho, relativa a este exemplo para o Bastidor E.

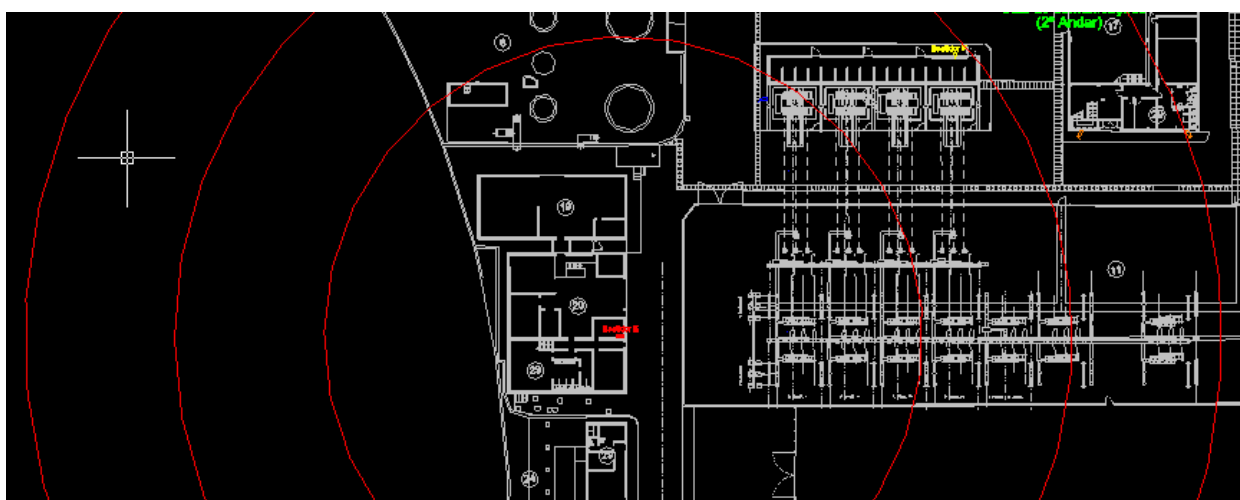


Ilustração 127 - Representação da delimitação do alcance do Bastidor E

Cada câmara foi posicionada e dimensionada para locais e ângulos estratégicos, sendo feito um levantamento destes primeiro. As câmaras foram representadas no desenho desta forma, junto da alimentação e sinal e da respetiva identificação (Exemplo: E.1 → câmara 1 proveniente do Bastidor E). A ilustração 124 mostra este mesmo exemplo.

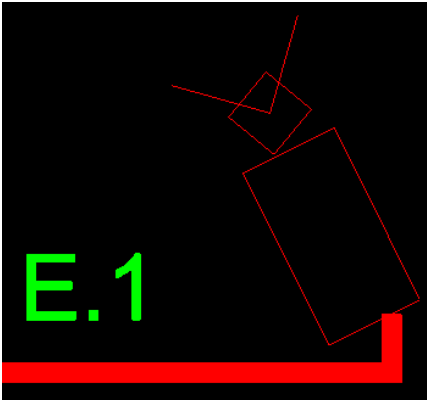


Ilustração 128 - Representação do formato de uma câmara, a sua alimentação e identificação.

Destaco também, as tabelas resumo da instalação do sistema, providenciando a informação base da origem de cada bastidor, o local de instalação das camaras e o comprimento da sua alimentação desde a origem. A tabela 25 representa todas as ligações do sistema CCTV, no **exterior** da central (Não foi exposto a tabela referentes à instalação interior da central).

Bastidor	Origem	Local de Instalação das câmeras	Comprimento
A			
B	Sala de Quadros - WARTSILA	Portaria	17,5 m
	Sala de Quadros - WARTSILA	Zona de escapes - MAK	35 m
	Sala de Quadros - WARTSILA	Zona de escapes - WARTSILA	8 m
C	Bombagem Trásfega Combustível	Fachada edifício - Grupos MAK	32,5 m
	Bombagem Trásfega Combustível	Fachada edifício - Grupos MAK	46 m
D	Grupos de Emergência	Aerorefrigeradores - Grupos MAK	73 m
	Grupos de Emergência	Aerorefrigeradores - Grupos MAK	59 m
E	Edifício da Manutenção	Descarga final de efluentes líquidos	90 m
F			
G			

Tabela 25 - Tabela resumo da localização das camaras e os respetivos bastidores do sistema CCTV, no exterior.

Toda a organização e planeamento do projeto, surgiu a partir deste diagrama feito na versão trial do programa XMind, um organizador de ideias, separando as zonas interiores das zonas exteriores, as zonas de instalação das câmaras agregadas aos bastidores que as alimentam e uma contagem total e por zonas do número de câmaras a instalar.

Diagrama apresentado na proposta de distribuição do novo sistema CCTV

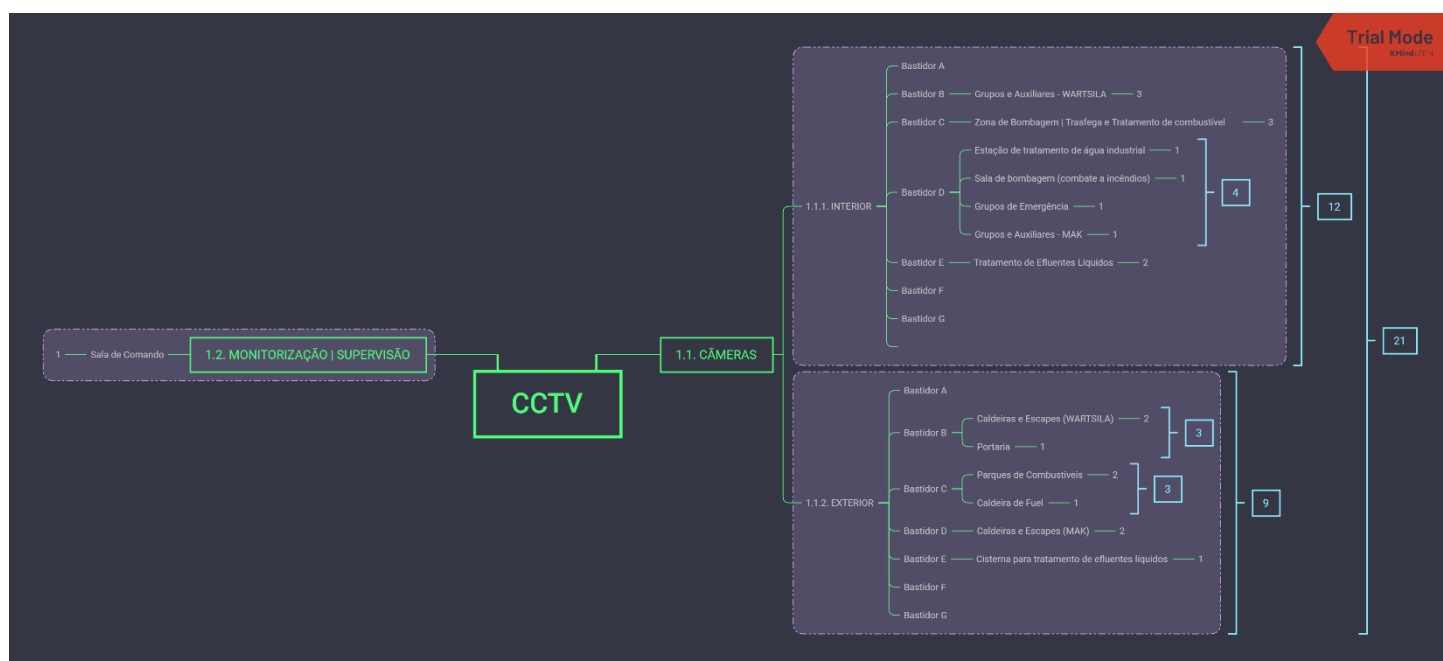
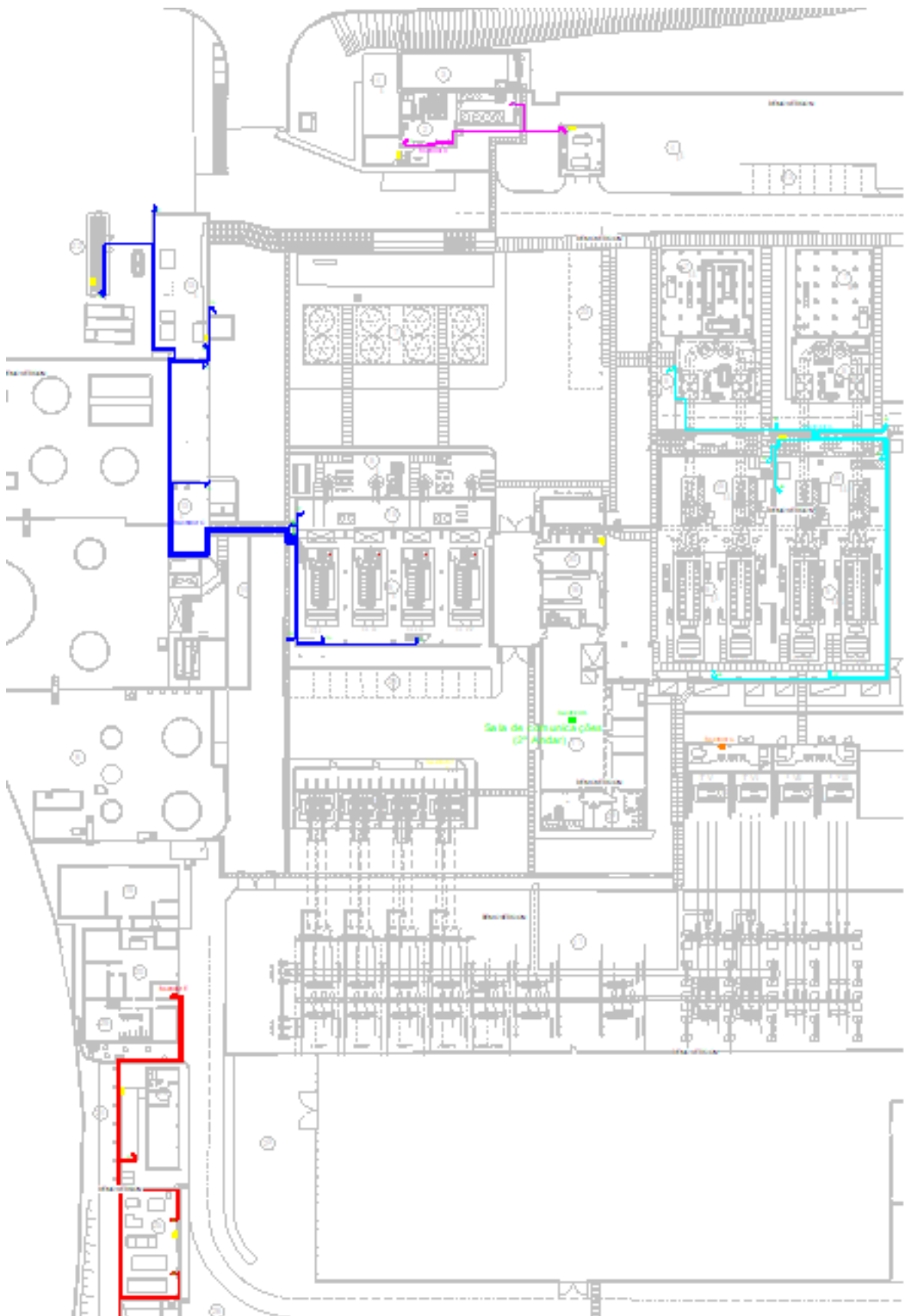


Ilustração 129 – Organizador de ideias com a informação da localização das câmaras (Interior e Exterior)

Para finalizar, foi mais uma tarefa aliciante que tive a honra que a apresentar ao chefe responsável da central. Foi possível ganhar experiência nesta área específica e interagir com toda a sua arquitetura neste tipo de ambientes industriais, o que me ajudou a consolidar alguns conhecimentos teóricos já adquiridos.

No final, penso que consegui projetar e expor o novo sistema CCTV da central de uma forma prática e rápida, cumprindo todos os objetivos pretendidos pelo responsável da central.

Desenho do novo sistema CCTV



3.5.4. Outros trabalhos acompanhados

- Apoio à normalização das *tags* de identificação das funções de proteção da subestação da central termoelétrica do Caminho Novo, na ilha de São Jorge, no arquipélago dos Açores (ANSI e IEC 61850).
- Acompanhamento da fiscalização das obras relativas à alteração (aumento) da secção da linha MT – Milhafres/Remédios. Visualização do espiamento e levantamento dos novos postes, montagem das travessas e todo o material necessário.
- Acompanhamento da fiscalização das obras realizadas, aquando da remodelação e substituição de parte da rede BT (incluindo iluminação pública) e MT aérea da vila das Capelas, na cidade de Ponta Delgada, em redes subterrâneas.
- Visita a algumas subestações, tais como:
 - Subestação da Vila Franca;
 - Subestação da Lagoa;
 - Subestação da Central do Caldeirão;
 - Subestação de São Roque.
- Visita a vários PT's, destacando:
 - PT's nas Capelas;
 - PT nos Valados;
 - PT na Maia;
 - ... etc.

4) Conclusão

Com a finalização do estágio curricular na EDA, deu-se o primeiro contacto real com o mundo de trabalho, sendo possível acompanhar e interagir com o projeto de revitalização do sistema de automação da central termoelétrica do Caldeirão. Esta oportunidade, permitiu o desenvolvimento de padrões base de trabalho, a interação com outras pessoas experientes na área e a consolidação de toda a aprendizagem em sistemas desta natureza, enriquecendo e complementando a minha formação académica.

Todas as tarefas e trabalhos propostos ao longo do estágio, fora do tema principal, foram também encarados com dedicação. Estas atividades, contribuíram significativamente para melhorar o processo de integração à metodologia de trabalho do gabinete inserido (CEPRO).

Com este estágio, foi possível criar um raciocínio lógico de trabalho sobre os sistemas de automação destinados ao comando e controlo, implementados em centrais produtoras com origem em grupos térmicos. As soluções de automação desta natureza, desempenham um papel fundamental na gestão e controlo dos grupos de produção, nos sistemas auxiliares comuns da central, na aquisição dos sinais, na comunicação de toda a informação e na respetiva supervisão de todos os dados.

O novo sistema de automação da central, para além de uma clara atualização tecnológica, permitiu melhorar os fracos níveis anteriores de fiabilidade, interoperabilidade e redundância das instalações.

Destaco também, todo o conhecimento adquirido relativamente a alguns protocolos e meio de comunicação, à análise aos sistemas de automação da central termoelétrica do caldeirão (antigo e novo), os diferentes equipamentos e tecnologias associadas a cada um destes, e uma comparação entre eles (AC450 vs AC800M).

Por fim, o balanço final é muito positivo. A excelente receção por parte de todas as pessoas envolvidas, permitiu que o processo de integração fosse simplificado, sendo dado todo o apoio e transmissão dos conhecimentos necessários, de modo a complementar e finalizar a minha formação académica e a realizar este relatório final de estágio.

Referências Bibliográficas

- [1] – Luiz Simas, “Esboço Histórico da Electrificação dos Açores”, Ponta Delgada, 1997.
- [2] – EDA, “Ampliação da CT do Caldeirão”, Ilha de São Miguel, 2003.
- [3] – EDA, Condições Técnicas Especiais, “Empreitada de Substituição dos Autómatos da CT do Caldeirão”, Ilha de São Miguel.
- [4] – EDA, Memória Descritiva Geral, “Alteração do Sistema de Proteção contra Incêndios”, Ilha Terceira, 2017.
- [5] – EDA, Caderno de Encargos, “Alteração do Sistema de Proteção contra Incêndios”, Ilha Terceira, 2017.
- [6] – EDA, Condições Técnicas Gerais, “Alteração do Sistema de Proteção contra Incêndios”, Ilha Terceira, 2017.
- [7] – EDA, Memória Descritiva Justificativa, “Ampliação da CT do Belo Jardim – Grupo XI, Ilha Terceira, 2018.
- [8] – EDA, Condições Técnicas, “Ampliação da CT do Belo Jardim – Grupo XI, Ilha Terceira, 2018.
- [9] – EDA, Especificação e Memória Descritiva Justificativa, “Rede de terras e SPDA”, Ilha da Terceira, 2018.
- [10] – EDA, Especificações Técnicas, “Empreitada da construção da Subestação e revitalização do sistema de comando e controlo da CT do Caminho Novo”, Ilha de São Jorge, 2016.
- [11] – ABB, Manuais Técnicos, “SPAD 346C”.
- [12] – ABB, Manuais Técnicos, “REM 543”.
- [13] – ABB, Manuais Técnicos, “AC 800M_Controller Hardware”.
- [14] – ABB, 800xA Documentation, “I/O”.
- [15] – ABB, 800xA Documentation, “Communications”.
- [16] – ABB, 800xA Documentation, “Engineering”.
- [17] – ABB, 800xA Documentation, “Operations”.
- [18] – Asea Brown Boveri, www.new.abb.com

- [19] – Eletricidade dos Açores, www.eda.pt
- [20] – www.citisystems.com.br/rs232/
- [21] – www.pt.wikipedia.org/wiki/RS-232
- [22] – www.embarcados.com.br/redes-de-comunicacao-em-rs-485/
- [23] – www.omega.com/en-us/resources/rs422-rs485-rs232
- [24] – www.electronicdesign.com/what-s-difference-between/what-s-difference-between-rs-232-and-rs-485-série-interfaces
- [25] – www.pt.wikipedia.org/wiki/Ethernet
- [26] – www.masterbus300.com/
- [27] – www.masterbus300.com/images/downloads/2015_Masterbus300_factsheet.pdf
- [28] – www.library.e.abb.com/public/c416a186ec8ec884c1257dc80022a261/3BSE000506-600_-_en_Advant_Fieldbus_100_User_Manual.pdf
- [29] – www.pt.wikipedia.org/wiki/Modbus
- [30] – www.ni.com/pt-pt/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html
- [31] – www.rtautomation.com/technologies/modbus-rtu/
- [32] – www.rtautomation.com/technologies/modbus-tcpip/
- [33] – www.pt.wikipedia.org/wiki/Profibus
- [34] – www.pt.wikipedia.org/wiki/PROFINET
- [35] – www.us.profinet.com/the-difference-between-profibus-and-profinet/
- [36] – www.pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/redes-sabe-o-que-e-o-modelo-osi/

Anexos

Anexo A – Dados técnicos dos autómatos AC 450 e AC 800M

Anexo A1 - Dados técnicos dos autómatos AC 450 - *Datasheet*

Folha 1

Hardware options ¹	
Redundant CPU board, PM511 ²	Up to 2
Submodule Carriers, SC510/SC520 ³	Up to 6 or 7
Communication submodules ⁴	Up to 12 or 14
– V.24/RS232 interface, CI531, 2 ch. ^{5, 12}	Up to 4
– MasterBus 300/300E interface, CS513 ^{6,7}	Up to 2 or 6
– GCOM interface, CI543/SC510 ⁸	Up to 5
– RCOM/RCOM+ interface, CI532Vxx, 2 ch. ⁸	Up to 5
– MasterFieldbus interface, CI570 ²	Up to 7
– Advant Fieldbus 100 interface, CI522A ^{2, 9}	Up to 8
– Profibus DP interface, CI541V1 ⁹	Up to 8
– Modbus interface, CI532V02 & CI534V02, 2 ch.	Up to 5
– Siemens 3964R interface, CI532V03, 2 ch.	Up to 5
– Allen-Bradley DF1 interface, CI534V4, 2 ch.	Up to 5
– Telecontrol & SPA bus, CI535Vxx ¹⁰	Up to 5
Voltage regulator, SR511 ²	Up to 2
Battery charger, SB510	Up to 2

Folha 2

S100 I/O capacity ^{3, 4}	
S100 I/O racks	Up to 5
S100 I/O modules	Up to 100
Analog input/output modules	Up to 32 for each type
Digital input/output modules	Up to 48 for each type
S800 I/O capacity	
S800 I/O stations per Advant Fieldbus	Up to 79 ⁵
S800 I/O modules per I/O-station	Up to 24 ⁶
Total I/O capacity (S100 & S800 I/O) ³	
I/O channels	Up to 5,700
AI channels (incl. calculated)	Up to 910
AO channels (incl. calculated)	Up to 963
DI channels (incl. calculated)	Up to 2,340
DO channels (incl. calculated)	Up to 1,489
LED status	One per channel
Field cable length	Up to 300 m
S100 I/O capacity ^{3, 4}	
S100 I/O racks	Up to 5
S100 I/O modules	Up to 100
Analog input/output modules	Up to 32 for each type
Digital input/output modules	Up to 48 for each type

Folha 3

Power supply alternatives	
Direct (unisolated)	24 V d.c.
D.C., by isolated DC/DC converter ¹	24/48 V d.c.
A.C. (isolated) ¹	120/230 V, 47-63 Hz
Basic capacity and performance	
Primary memory	8 or 16 MB
Available for application	approx. 5,4 or 13,4 MB
Processing capacity index ²	3-4
Program execution cycle; Selectable	10ms-2s or 5ms-32s
Software options ³	
Basic regulation and advanced arithmetics, QC07-LIB41	
Advanced process control incl self-tuning adaptive control, QC07-LIB42	
Fuzzy control, QC07-FUZ41	
MasterView 320, QC07-LOS41	
Operator functions support, QC07-OPF41	
MasterBatch 200/1 support, QC07-BAT41	
User defined PC Elements, QC07-UDP41	
Object support via Advant Fieldbus 100, QC07-COM41	
Cabinets ^{1, 11, 12}	
– RM500V1, IP21, IP41 or IP54: WxDxH 800x512x2125 mm, (31.5"x20.2"x83.7")	
– RM500V2, IP21, IP41 or IP54: WxDxH 700x637x2225 mm, (27.6"x25.1"x87.6")	

Anexo A2 - Dados técnicos dos autômatos AC 800M - Datasheet

Folha 1

Features / CPUs	PM851A	PM856A	PM860A	PM861A	PM864A	PM865	PM866	PM891
Processor Unit	PM851K01 incl: 1 PM851 CPU and required optional items	PM856K01 incl: 1 PM856 CPU and required optional items	PM860K01 incl: 1 PM860 CPU and required optional items	PM861AK01 incl: 1 PM861A CPU and required optional items PM861AK02 incl: 2 PM861AK01	PM864AK01 incl: 1 PM864A CPU and required optional items PM864AK02 incl: 2 PM864AK01	PM865K01 incl: 1 PM865K01 CPU and required optional items PM865K02 incl: 2 PM865K01	PM866K01 incl: 1 PM866 CPU and required optional items PM866K02 incl: 2 PM866K01	PM891K01 incl: 1 PM891 CPU and required optional items PM891K02 incl: 2 PM891K01
Optional items (partly included in Processor Units, see Price List)	TP830 Baseplate, TP850 CEX-bus term., TK850 CEX-bus cable, TB807, Modulebus term, Battery RAM backup, TB852/TB853 RCU-link term, TB851/TB855/TB856 RCU-link cable, SB822 External Battery Unit, TK212A Tool cable, TC562 Short Distance Modem, TK853V020 Modem cable, BC810K02 CEX-bus Interconnection unit, TK851V010 Connection cable, SD831/SD832/SD833 Power Supply, SS832 Voting Unit, Mains Breaker Kit, SM811 Supervisory Module.							
High Integrity Controller	No	No	No	No	No	Yes	No	No
Clock frequency	24 MHz	24 MHz	48 MHz	48 MHz	96 MHz	96 MHz	133 MHz	450 MHz
Memory (RAM)	12 MB*	16 MB*	16 MB*	16 MB	32 MB	32 MB	64 MB	256 MB
RAM available for application	2.622 MB	2.622 MB	2.622 MB	7.864 MB	24.237 MB	24.242 MB 23.850 MB w SM810 23.804 MB w SM811	51.672 MB	199.650 MB
Processor type	MPC860	MPC860	MPC860	MPC860	MPC862	MPC862P	MPC866	MPC8270
Flash memory for storage of application and data	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
CPU redundancy support	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Switch over time in red. conf.	—	—	—	max 10 ms	max 10 ms	max 10 ms	max 10 ms	max 10 ms
Performance, 1000 boolean operations (a:=b and c)	0.46 ms	0.46 ms	0.23 ms	0.23 ms	0.15 ms	0.15 ms	0.09 ms	0.043 ms

Features / CPUs	PM851	PM856	PM860	PM861A	PM864A	PM865	PM866	PM891
No. controllers per control projects	32							
No. of applications per control project	1024							
No. of applications per controller	32							
No. of programs per application	64							
No. of tasks per controller	32							
Number of different cycle times	32							
Cycle time per application programs	Down to 1 ms							
Flash PROM for firmware storage	2 MB					4 MB	4 MB	16 MB
Power supply	24 V DC (19.2-30 V DC) max 5 % ripple acc. to IEC 61131-2							
Power consumption +24 V	typ/max 180/300 mA	typ/max 180/300 mA	typ/max 180/300 mA	typ/max 250/430 mA	typ/max 287/487 mA	typ/max 287/487 mA	typ/max 287/487 mA	typ/max 660/750 mA
Power dissipation	typ 5.0 W	typ 5.0 W	typ 5.0 W	typ 6.0 W	typ 6.9 W	typ 6.9 W	typ 6.9 W	typ 15.8 W
Power Reservoir	Internal 5 ms power reservoir, sufficient for the CPU to make a controlled power down							
Power supply connector	Detachable 4-pole screw terminal block							
Redundant power supply status inputs	Yes: 2 inputs designated SA, SB (Max 30 V, high level >15 V, low level < 8 V)							

Folha 2

Built-in back-up battery	Type: Lithium, 3.6 V, 0.95 Ah, size 1/2 AA, 0.3 g Lithium content							No
Real-time clock stability	100 ppm (approx. 1 h/year)							50 ppm
Clock synchronization	1 ms between AC 800M controllers by CNCP protocol							
OPC Server subscriptions	Five (5) OPC clients with five (5) OPC groups each can be connected to the OPC Server and have subscriptions on 40,000 different dntvariables with a cycle time of 500 ms							
OPC Server update rate	0.1 s - 1 hour (1 s default)							
OPC Servers per controller	Max 3							
OPC clients per OPC server	Max 5							
Event queue in controller per OPC client	Up to 3000 events							
AC 800M transm. speed to OPC server	36-86 events/sec , 113-143 data messages/sec (PM864, 50 % load, 1 500 subscription queue)							
Comm. modules on CEX bus	1	12	12	12	12	12	12	12
Supply current on CEX bus	Supply current: Max 24 V - 2.4 A (fuse 3.15 A fast, PM891 has an embedded auto fuse)							
I/O clusters on Modulebus with non-redundant CPU	1 el. + 1 opt.	1 el. + 7 opt.	1 el. + 7 opt.	1 el. + 7 opt.	1 el. + 7 opt.	1 el. + 7 opt.	1 el. + 7 opt.	0 el. + 7 opt.
I/O clusters on Modulebus with redundant CPU	NA	NA	NA	0 el. + 7 opt.	0 el. + 7 opt.	0 el. + 7 opt.	0 el. + 7 opt.	0 el. + 7 opt.
I/O capacity on Modulebus with non-redundant/redundant CPU	max 24/NA I/O modules	max 96/NA I/O modules	max 96/NA I/O modules	max 96/84 I/O modules	max 96/84 I/O modules	max 96/84 I/O modules	max 96/84 I/O modules	max 84/84 I/O modules
Modulebus scan rate	0 - 100 ms (actual time depending on number of I/O modules)							
Supply current on Electrical Modulebus	Supply current: Max 24 V - 1.0 A (short circuit proof, fuse 2.0 A), Max 5 V - 1.5 A (short circuit proof)							Not supported
I/O capacity on PROFIBUS (remote I/O)	Max 99 I/O stations (max 62 redundant I/O stations), max 24 I/O modules per I/O station (max 12 redundant I/O pairs)							
Ethernet channels	1	2	2	2	2	2	2	2
Ethernet interface	Ethernet (IEEE 802.3), 10 Mbit/s, RJ-45, female (8-pole)							10/100 Mbit/s
Control Network protocol	MMS (Manufacturing Message Service) and IAC (Inter Application Communication)							
Control Network capacity	Up to 23 000 Boolean/s (< 475 boolean/message) with 50 % CPU application load Up to 140 000 Boolean/s (< 475 boolean/message) with < 5 % CPU application load							
Recommended Control Network backbone	100 Mbit/s switched Ethernet							
No of controllers per 800xA System	max 75							
No of controllers on Control Network	max 50							

Features / CPUs	PM851	PM856	PM860	PM861A	PM864A	PM865	PM866	PM891
Vibration	10 < f < 50 Hz: 0.0375 mm amplitude, 50 < f < 150 Hz: 0.5 g acceleration, 5 < f < 500 Hz: 0.2 g acceleration							
Emitted noise	< 55 dB (A)							
Shock, no package	150 m/s² in 11 ms, 20 g in 3 ms							
Relative humidity	5 to 95 %, non-condensing							
Isolation voltage	Type test voltage: 500 V AC (corresponding to 700 V DC)							
Environmental conditions	Industrial							
Protection class	IP20 according to EN 60529, IEC 529							
Certificates and Standards	CE- marking: Meets EMC directive 2004/108/EC acc. to EN 61000-6-4, EN 61000-6-2 and Low Voltage Directive acc. to EN 61131-2. Electrical Safety: EN 50178, IEC 61131-2, UL 508. Hazardous location: UL 60079-15.							
TÜV Approval	No	No	No	No	No	IEC 61508 SIL3	No	No
Emission	Tested according to EN 61000-6-4 EMC – Generic Emission Standard, Part 2 – Industrial Environment							
Immunity	Tested according to EN 61000-6-2 EMC – Generic Immunity Standard, Part 2 – Industrial Environment							
Dimensions	W 119 x H 186 x D 135 mm (4.7 x 7.3 x 5.3 in.)							W 174 x H 186 x D 94 mm
Weight (including base)	1100 g (2.4 lb)	1100 g (2.4 lb)	1100 g (2.4 lb)	1200 g (2.6 lb)	1200 g (2.6 lb)	1200 g (2.6 lb)	1200 g (2.6 lb)	1600 g (3.5 lb)

Supported Communication modules	PROFIBUS DP	FOUNDATION FIELDBUS	RS-232 C	MB300	INSUM	Drivebus	S100 I/O	Genius TRIO I/O	Satt I/O	MODBUS TCP	IEC 61850
Module	CI854A	CI860	CI853	CI855	CI857	CI858	CI856	CI862	CI865	CI867	CI868
Protocol	DP-V1 (PA via Linking Device)	FF HSE (H1 via Linking Device)	MODBUS RTU master, COMLI master/slave, Siemens 3964R master, User defined protocols	MasterBus 300	IEEE 802.3	ABB's DriveBus	ABB's S100 I/O	Genius	ABB's Satt I/O	MODBUS TCP	IEC 61850
Master or slave	Master	Master	Master/slave	Master/slave	Master	Master	Master	Master	Master	Master/Slave	Master
Number of channels	2	1	2	2	1	1 main, 2 aux	1	1	1	2	1
Max units on CEX bus	12	12	12	12	6	2	12	12	4	12	4
Transmission speed	9.6 - 12,000 kbit/s	10/100 Mbit/s	75 - 19 200 b/s	10 Mbit/s, 200 Data-sets/s	10 Mbit/s	4 Mbit/s	-	38.4 - 153.6 kbit/s	-	10/100 Mbit/s (Ch1), 10 Mbit/s (Ch2)	10/100 Mbit/s
Cable redundancy	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No
Module redundancy	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No
Hot Swap	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Used together with High Integrity Controller	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	Yes
Connectors	DB female (9-pin)	RJ-45 female (8-pin)	RJ-45 female (8-pin)	RJ-45 female (8-pin)	RJ-45 female (8-pin)	Fiber-optic	Miniribbon (36-pin)	Phoenix (4-pin)	BNC	RJ-45 female (8-pin)	RJ-45 female (8-pin)
24 V current consumption	typ 190 mA	typ 100 mA	typ 100 mA	typ 150 mA	typ 150 mA	typ 200 mA	typ 200 mA	typ 190 mA	typ 120 mA	typ 160 mA	typ 160 mA
Protection class	IP20 according to EN60529, IEC 529										
Certification											
- CE-marked	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
- UL 508	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
- UL 60079-15 (Class 1 Zone 2)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Dimensions	W 58 x H 186 x D 135 mm (2.3 x 7.3 x 5.3 in.)										
Weight (including base)	700 g (1.5 lb.)	455 g (0.9 lb.)	520 g (1.2 lb.)	700 g (1.5 lb.)	600 g (1.3 lb.)	700 g (1.5 lb.)	600 g (1.3 lb.)	600 g (1.3 lb.)	600 g (1.3 lb.)	700 g (1.5 lb.)	700 g (1.5 lb.)

Anexo B – Cartas de Aquisição de Dados (Digitais e Analógicas)

Anexo B1 - Cartas Digitais (DI810, DI830, DO820)



DI810



DI830



DO820

Cartas de aquisição de dados - Digitais				
Modelo	Informação geral			
Digital Inputs (Entradas digitais)	Sinal	Número de canais	Redundância	SOE
DI810	24 V DC	16	Não	Não
DI830	24 V DC	16	Não	Sim
Digital Outputs (Saídas digitais)				
DO820	230 V AC/DC	8	Não	Não

Anexo B2 - Cartas Analógicas (AI810, AI830, AI835, AO820)



AI810



AI830



AI835



AI820

Cartas de aquisição de dados - Analógicas					
Modelo	Informação geral				
Analog Inputs (Entradas analógicas)	Sinal	Número de canais	Resolução	Redundância	SOE
AI810 (Módulo de entradas analógicas)	0..20 mA 4..20 mA 0.. 10 V 2.. 10 V	8	12 Bit	Não	Não
AI830 (Módulo de entradas RTD) (Termoresistências)	3 fios RTD: PT100 CU100 NI100 NI120 Potenciômetros resistivos	8	14 Bit	Não	Não
AI835 (Módulo de entradas termopares/mV)	-30.. 75 mV Termopares: B, C, E, J, K N, R, S e T	8	15 Bit	Não	Não
Analog Outputs (Saídas analógicas)	Sinal	Número de canais	Resolução	Redundância	SOE
AO820 (Módulo de saídas analógicas bipolares galvanicamente isoladas)	-20 mA.. +20 mA 0..20 mA 4..20 mA -10 V.. +10 V 0.. 10 V 2.. 10 V	4	-	Não	Não

Anexo C – Trabalhos realizados no contexto do Estágio

Anexo C1 - Ilha da Terceira

Anexo C1.1 - CT do Belo Jardim – Rede de Terras e SPDA

Neste anexo, está presente o trabalho apresentado relativamente à proposta de análise do projeto de ampliação da central ao nível da rede de terras e proteção contra descargas atmosféricas.

Introdução

Foi pedido a análise/verificação e validação de alguns tópicos a discutir aquando dos princípios gerais de execução e as condições a que devem obedecer o respetivo projeto, as montagens, os fornecimentos e serviços relativos a realização das Rede de terras enterrada, malhas equipotenciais e proteção contra descargas atmosféricas externas e descargas no interior das instalações entre os diferentes componentes ativos e passivos dos sistemas que integram cada uma das instalações da ampliação da central.

Requisitos do Projeto

Com base nos seguintes estudos e no enquadramento normativo a aplicar na determinação da secção da rede de terras, é possível definir a secção a utilizar para o estabelecimento da rede de terras da central, uma vez definido o tipo de material a utilizar, o cobre.

Estes foram os principais conceitos a ter em conta:

- a) Estudo para determinação dos níveis de correntes de curto-circuito expectáveis em cada um dos níveis de tensão a utilizar na central;
- b) Determinação da resistividade do solo na área de implantação da central;
- c) Conhecimento dos regimes de neutro a utilizar nos vários níveis de tensão da central.

Análise/Validação

Analisando os seguintes tópicos que foram questionados pela parte da EDA, retirei as seguintes conclusões:

Tópico 1

Os valores de Resistividade média do solo considerados no projeto correspondem à medição efetuada nas zonas de implantação. As medições efetuadas foram nos terrenos existentes cujas características poderão diferir consideravelmente ao substituir o material de aterro, influenciando os resultados do dimensionamento do Relatório Técnico.

- 1) Os valores de Resistividade média do solo nas zonas de implantação estão dentro dos valores regulados na fase de concurso.
- 2) Nas zonas A e B, estes valores são elevados devido à aplicação de bagacinas no aterro.
- 3) Esta situação não deverá ter influência significativa no circuito geral da rede de terras, pois estas zonas encontram-se inseridas numa RGT com resistividade bastante reduzida.

Tópico 2

Sugere-se que ponderem a eventual utilização de chapas de terra no circuito vertical na componente de instalação subterrânea da RGT, para maximizar a superfície de contato com o terreno nativo na cota indicada (6 metros de profundidade).

- 1) Procedendo à utilização de chapas de terra no circuito vertical na componente de instalação subterrânea da RGT, maximiza-se a superfície de contato com o terreno o que permite diminuir a resistividade do solo.

Tópico 3

Solicitamos definição dos “*hook-ups*” da instalação e pormenorização da instalação da RGT e SPDA à superfície (interior das salas, celas dos transformadores, cobertura da Sala de máquinas, piso técnico, etc.).

Tópico 4

Projetam a instalação de dois captosres (Chaminé e Sala de máquinas) como sistemas complementares para proteção integral, contudo, apenas indicam o fornecimento e instalação de um contador de descargas.

Tópico 5

Deverão alterar a simbologia das ligações a efetuar com ligadores tipo “C”, conforme solução aceite pela EDA.

Implementar os ligadores do tipo “C” de modo a substituir as soldaduras aluminotécnicas em zonas onde estas podem assumir fraquezas ao nível de durabilidade em comparação aos ligadores.

Anexo C1.2 - CT do Belo Jardim – SADI

Neste anexo, está presente o trabalho apresentado relativamente à proposta de análise do projeto de ampliação da central relativamente ao sistema automático de deteção de incêndios.

Enquadramento do Projeto

Será instalada uma nova CDI (Central de Deteção de Incêndios) que irá centralizar os alarmes e sinais atuais (das centrais existentes CDI-1/2/3), bem como receber os sinais dos novos equipamentos a instalar.

Sendo que as CDI's existentes serão desmanteladas, a nova CDI terá capacidade para receber os sinais desta empreitada, bem como os relativos à expansão futura da Central (novos grupos geradores, novas caldeiras, nova oficina, nova estação de bombagem de combustíveis, etc.).

Irão ser instalados novos detetores de incêndio, novas botoneiras de alarme, sirenes, sinalizadores óticos, etc., em edifícios onde não existe sistema de deteção, mas também em edifícios já com deteção.

Análise à instalação existente

Atualmente a Central Termoelétrica de Belo Jardim tem 4 centrais SADI instaladas e respetiva rede de detetores.

Estas centrais SADI operam isoladamente, cada uma com a sua rede de detetores e atuadores, não existindo comunicação entre centrais.

CDI-1	Sala 41 - sala de máquinas II	PISO 0 - Salas Técnicas
	Sala 6 - sala de relés II	
	Sala 6.1 - sala de baterias	
	Sala 7 - subestação 30 kV	
	Salas 12/12.1/12.2 - oficinas, zona de descarga e Mod.entrada II	
CDI-1	Sala 21 - sala de comando II	PISO 1 - Salas administrativas + áreas comuns
	Sala 23 - sala de quadros elétricos	
	Sala 24 - corredor principal	
	Salas 25/26/27/29 - gabinetes técnicos	
	Sala 30 - Copa/Refeitório	
CDI-2	Sala 32 - sala de comando III	PISO 1 - Grupos PISO 0 - Bacias
	Grupo de Transformadores I - Grupo 1/2/3/4	
	Grupo de Transformadores II - Grupo 5/6/7/8	
	Bacias #1/#2/#3	

CDI-3	Sala 32 - sala de comando III	PISO 1 - Grupos PISO 0 - Bacias
	Sala 43 - sala de máquinas III	
	Sala 7.1 - sala de quadros elétricos	
	Hall de circulação	
	Grupo de Transformadores III - Grupo 9/10	
	Bacias #4	
CDI-4	Edifício dos Serviços Sociais	PISO 0 - Edifício dos Serviços Sociais

Identificação das CDI's

CDI's	Marca	Modelo
CDI-1	TYCO	Minerva MX-1000
CDI-2	TYCO	Minerva MX-1000
CDI-3	TYCO	Minerva MX-4000
CDI-4	NOTIFIER	NFS 2-8



Minerva MX-1000



Minerva MX-4000



NFS 2-8

Reformulação do sistema SADI

As infraestruturas e equipamentos a instalar no âmbito deste projeto serão de acordo com o seguinte:

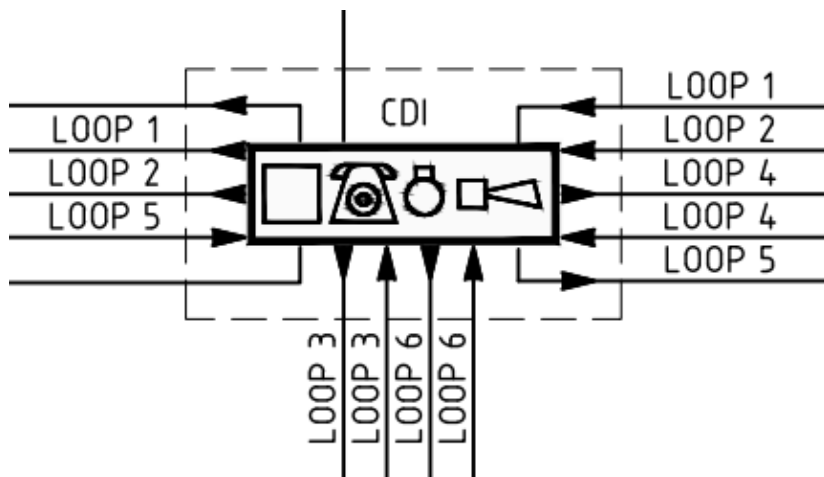
- Instalação de uma nova central de deteção automática de incêndios.
- Instalação de novos detetores de incêndio.
- Instalação de novas botoneiras manuais de alarme.
- Instalação de novas sirenes e sinalizadores luminosos.
- Instalação de novos pressostatos e termostatos.

Central de Detecção de Incêndios (CDI)

Será instalada uma central de detecção automática de incêndios do tipo analógica endereçável na sala de comando II.

Serão instaladas 6 Loops de acordo com o seguinte:

- **Loop 1** – Sistema Detecção CT2
- **Loop 2** – Sistema Detecção CT3
- **Loop 3** – Sistema Combate a Incêndios CT3
- **Loop 4** – Sistema Detecção CT1
- **Loop 5** – Sistema Detecção Zonas Comuns / Exterior
- **Loop 6** – Sistema Combate a Incêndios CT2



Princípios e objetivos da instalação

Quanto ao tipo de tecnologia considerou-se que o SADI será constituído por equipamento da geração “endereçoável-analógica” de modo a que estejam assegurados os seguintes requisitos de controlo da instalação:

- O registo cronológico e cronometrado dos sensores em alarme, o que permite o conhecimento exato do desenvolvimento do incêndio e, conseqüentemente, facilita as ações de prevenção e conhecimento da progressão do incêndio;

- Um reconhecimento imediato e localizado do sensor em alarme e o seu tipo e momento do respetivo acionamento (identificação individual);
- Uma distribuição “geográfica” das zonas de deteção de acordo com os métodos convencionais, que facilitam a interpretação das informações;
- Uma informação constante sobre o estado dos sensores (limpeza, envelhecimento, alarme, etc.), por meio de uma leitura permanente dos seus valores analógicos;
- Um sistema de comunicação rigoroso e fiável entre a Central e os respetivos painéis de comando e de controlo e de apresentação de alarmes (POSA) e os sensores, imune a interferências exteriores;
- A localização exata de uma avaria no circuito, mantendo-se a respetiva linha de deteção (loop) em pleno funcionamento;
- O isolamento automático de sensor em avaria, mantendo o resto do sistema em pleno funcionamento.

CDI do revamping existente

TYCO MINERVA MX-4000 & MX-1000



O **MX1000** suporta um MX DIGITAL loop de detecção com até 250 dispositivos endereçáveis.

O **MX4000** suporta dois MX DIGITAL loops de detecção e pode ser expandido para quatro loops suportando até 1000 dispositivos endereçáveis, tendo em conta que cada um destes loops suporta apenas 250 dispositivos endereçáveis.

CDI da ampliação

AUTRONICA BS-420 da REDISLOGAR



Características gerais:

- a) Todo o manuseio de alarmes e recursos do sistema podem ser controlados e manipulados a partir do painel.
- b) Este painel pode acomodar até um máximo de 12 módulos.
- c) Pode haver um máximo de 6 módulos de driver de loop em cada painel.
- d) É integrado com conexões para 2 portas Ethernet e 2 portas host USB.
- e) O painel é operado por um menu de interface, numa tela de 16 linhas, com 40 caracteres por linha.
- f) A comunicação com outras unidades do sistema na rede local é baseada na conexão Ethernet, o AutroNet.

Módulos associados:

- Módulo de driver de loop BSD-310;
- Módulo de driver de loop HP BSD-311;
- Módulo de controlador de circuito BS-100 BSD-330;
- Módulo de saída BSB-310A;
- Módulo de saída BSJ-310;
- Módulo de entrada BSE-310;
- Módulo de entrada BSE-320;
- Módulo de monitoramento de energia dupla BSS-311.

Comunicação entre ambos, MINERVA e AUTRONICA

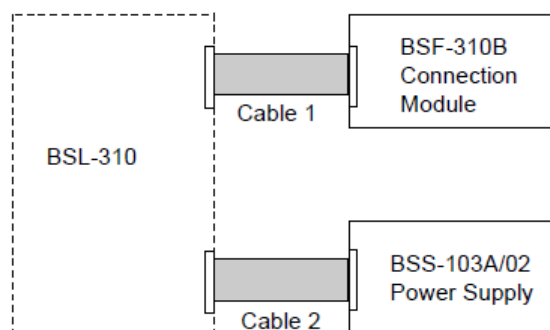
Ambos os aparelhos são de marcas diferentes tendo estas marcas o seu próprio protocolo. Após pesquisa, descobriu-se que pelo menos o MINERVA tem um protocolo fechado, ou seja, é capaz de comunicar harmoniosamente com os equipamentos da mesma marca, mas não com outras.

Módulo de comunicação BSL-310

Este módulo de comunicação AutoSafe serve como interface para a comunicação interna entre todos os diferentes módulos de E/S.

Com este módulo é possível:

- a) Interface RS-232 com aperto de mão, todas as linhas galvanicamente isoladas para permitir referência flutuante;
- b) Monitoramento de bateria embutido com saídas de controle para ativação de carregador / bateria;
- c) Monitoramento de falhas de aterramento.



Controlador BC-420

O controlador BC-420 apresenta-se como uma unidade de conexão para os loops de deteção, sirenes de alarme, controlos e entradas. É possível distinguir as seguintes características:

- a) Pode acomodar até um máximo de 12 módulos.
- b) Módulo de driver de loop para os loops de deteção e vários tipos de módulos de E / S (consulte Módulos opcionais abaixo).
- c) Pode haver no máximo 6 Módulos de controlador de Loop conectados a cada controlador.
- d) Todos os módulos são facilmente conectados uns aos outros em um trilho de montagem padrão dentro da unidade.
- e) O controlador fornece conexões para 2 portas Ethernet e 2 portas host USB.
- f) O controlador se comunica com outras unidades do sistema na rede local baseada em Ethernet, o AutoNet.

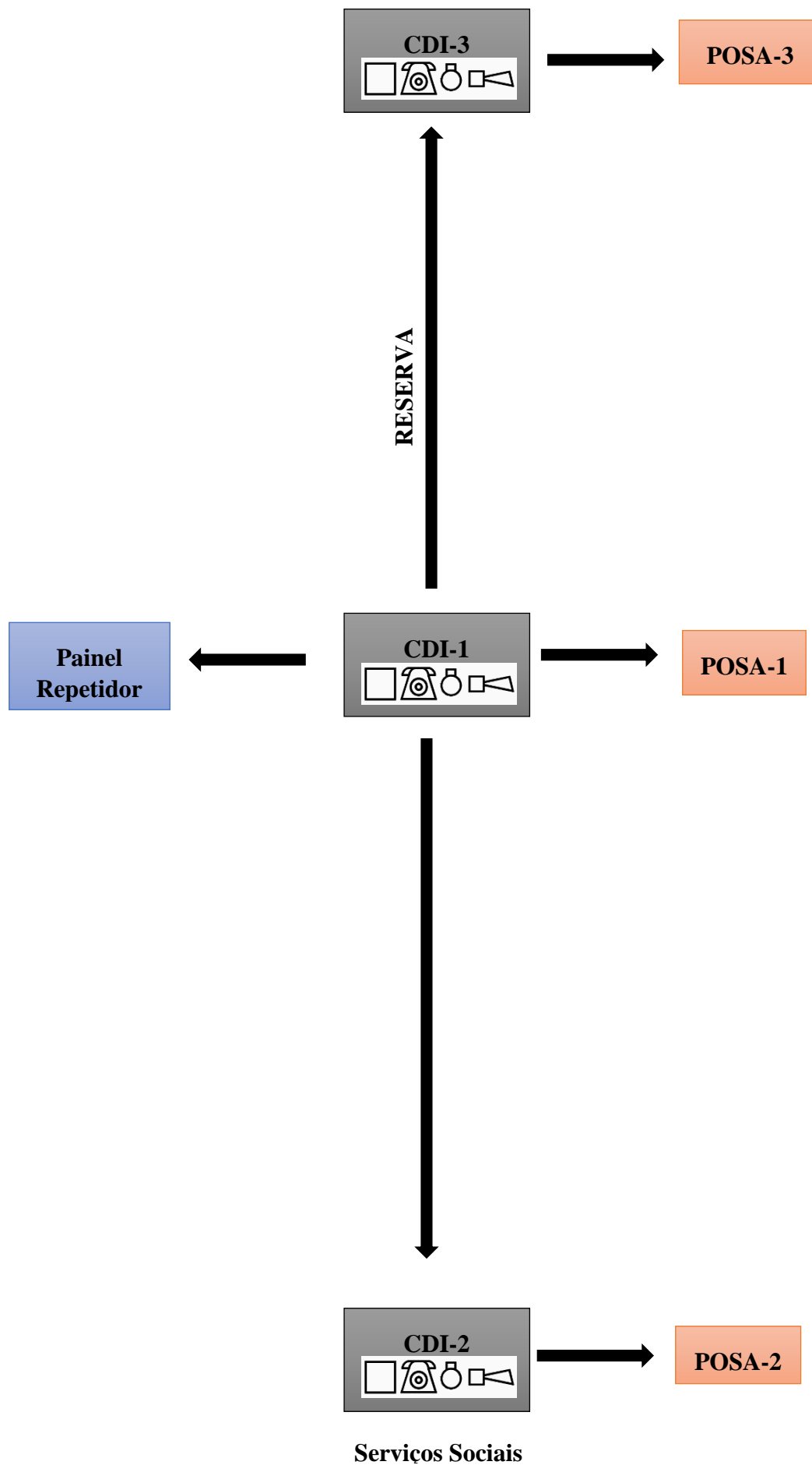


AutroSafe 4 – Autronica Fire and Security

Características gerais:

- a) Atende à conformidade com EN-54 e à aprovação de fábrica do NFPA 72.
- b) Sistema de autoteste - o SelfVerify monitora cada detetor e o ponto de chamada manual todos os dias.
- c) O AutroKeeper fornece redundância contra falhas de loops de sensores.
- d) Acesso de ponto único para facilidade de configuração e atualização do programa.
- e) Rede de alta velocidade e redundante fornecida pela AutroNet.
- f) Grande capacidade permite a conexão de até 64 painéis de alarme de incêndio.
- g) Interface de usuário intuitiva mostrando apenas informações relevantes.
- h) Ajustável a diferentes ambientes - altere a classe de operação multissensorial conforme necessário.
- i) Pode se comunicar e interagir com outros sistemas de segurança e dispositivos de monitoramento.





4.1.1.1. Anexo C1.3 – CT do Belo Jardim – Iluminação e Tomadas

Neste anexo, está presente o trabalho apresentado relativamente à proposta de análise do projeto de ampliação da central ao nível da iluminação normal e emergência e tomadas da central.

Âmbito do projeto

Este documento pretende sintetizar uma análise feita ao caderno de encargos/projeto da obra referente às instalações de iluminação e de tomadas previstas para os edifícios A, B, C, D, F, G e H (edifícios localizados nas peças desenhadas) e respetivo envolvente exterior, contemplados na ampliação da Central Termoelétrica do Belo Jardim, na Praia da Vitória, ilha Terceira, Açores.

No âmbito do projeto estão incluídas as seguintes instalações:

- Iluminação normal;
- Iluminação de emergência;
- Iluminação de segurança;
- Iluminação exterior;
- Tomadas de corrente e caixas de tomadas;
- Caminhos de cabos;

Instalações de Iluminação

Pela análise efetuada, verifica-se que:

- a) Todos os equipamentos e aparelhos de iluminação foram selecionados de forma a apresentarem um índice de proteção adequado às características dos locais onde irão ser instalados.
- b) No cálculo da iluminação, a localização dos equipamentos foi definida de forma a garantir níveis de iluminação e distribuição de fluxo internacionalmente recomendados e os mínimos especificados nas CTG – 4-8, Instalações de Iluminação e Tomadas da EDA:

- **Edifício A** - 250 lux para a iluminação normal e 75 lux em emergência;
- **Edifício B** - 250 lux para a iluminação normal e 75 lux em emergência;
- **Edifício C** - 300 lux para a iluminação normal e 100 lux em emergência;
- **Edifício D** - 300 lux para a iluminação normal e 100 lux em emergência;
- **Edifício F** - 250 lux para a iluminação normal e 250 lux em emergência;
- **Edifício G** - 250 lux para a iluminação normal e 75 lux em emergência;
- **Edifício H** - 300 lux para a iluminação normal e 100 lux em emergência;

Iluminação interior - Solução/Proposta apresentada

Após análise à proposta apresentada, tanto a nível da memória descritiva e justificativa como das peças desenhadas, levanta-se uma série de questões relacionadas com a eficiência energética das luminárias e a tipologia de iluminação que constituem a iluminação interior (Normal e Emergência) da central.

Através da tabela apresentada em baixo, é possível ver um resumo da solução proposta.

Solução apresentada									
Zona	Tipo de iluminação	Luminária (Modelo)	Luminária (Marca)	Eficiência luminosa (luminária)					
				1x28 W	2x35 W	2x49 W	1x400 W	1x3,3 W	1x15,3 W
ILUMINAÇÃO INTERIOR	Normal e Emergência	TANK	FARIFER	72 lm/W	67 lm/W	64 lm/W			
		YES	FARIFER				51,6 lm/W		
	Segurança	LIMA XDI	LEUK					28 lm/W	
		FAROL	LEUK						104 lm/W

Na base da iluminação normal estão presentes as luminárias TANK e YES da marca FARIFER, equipadas com lâmpadas fluorescentes e de descarga de iodetos metálicos.

As luminárias TANK foram escolhidas para compartimentos com pé direito até 4 metros, enquanto que as luminárias YES estão preparadas para compartimentos com pé direito superior a 10 metros.

Através da análise feita à tabela resumo, conclui-se que as luminárias em questão apresentam uma baixa eficiência luminosa e recaem sobre tecnologias já ultrapassadas (Fluorescentes e Lâmpadas de descarga).

Na tabela seguinte, estão descritos os valores de potência para cada tipo de luminária instalada e a potência total referente à iluminação interior.

Solução apresentada							
Modelo	Marca	Eficiência luminosa (lm/W)	Potência (W)	Quantidade	Potência Total (W)		
TANK	FARIFER	72 lm/W	1x28 W	8	224	3752	7448,3
		67 lm/W	2x35 W	7	490		
		64 lm/W	2x49 W	31	3038		
YES	FARIFER	51,6 lm/W	1x400 W	9	3600	3600	
LIMA XDI	LEUK	28 lm/W	1x3,3 W	6	19,8	19,8	
FAROL	LEUK	104 lm/W	1x15,3 W	5	76,5	76,5	

Iluminação interior - Solução/Proposta reestruturada

Com base nas especificações técnicas já apresentadas, a tabela seguinte sugere uma possibilidade de melhoria na eficiência energética da instalação em questão, alterando a sua tipologia.

É de salientar que foi dado um exemplo para a alteração dos equipamentos, sendo que o mais importante passa pela utilização da tecnologia LED.

Solução proposta							
Eficiência luminosa (luminária)						Luminária (Modelo)	Luminária (Marca)
1x21,9 W	1x40,3W	1x49,5W	104 W	1x1,45 W	1x15,3 W		
118 lm/W	131 lm/W	132 lm/W				MHPLX 04 07024-O7 MHPLX 04 07024-O8 MHPLX 04 16024-O7	EEE
			128 lm/W			GBL/XE 01 05054-MO	EEE
				128 lm/W		ELX 20 LEDi Flat 3h	ESYLUX
					104 lm/W	FAROL	LEUK

Como já foi referido, esta nova abordagem passa pela adoção de uma solução enquadrada na realidade energética atual, o que torna possível diminuir a potência instalada da instalação da central.

Solução proposta							
Modelo	Marca	Eficiência luminosa (lm/W)	Potência (W)	Quantidade	Potência Total (W)		
MHPLX 04 07024-O7	EEE	118 lm/W	1x21,9 W	8	175,2	1991,8	3013
MHPLX 04 07024-O8		131 lm/W	1x40,3W	7	282,1		
MHPLX 04 16024-O7		132 lm/W	1x49,5W	31	1534,5		
GBL/XE 01 05054-MO	EEE	128 lm/W	104 W	9	936	936	
ELX 20 LEDi Flat 3h	ESYLUX	128 lm/W	1x1,45 W	6	8,7	8,7	
FAROL	LEUK	104 lm/W	1x15,3 W	5	76,5	76,5	

Nesta segunda proposta para a iluminação interior, está uma outra possibilidade para a solução energética pretendida, que passa pela substituição das luminárias TANK e YES da marca FARIFER, por luminárias LED da marca Schröder (utilizada na Iluminação exterior).

Solução proposta						
Modelo	Marca	Eficiência luminosa (lm/W)	Potência (W)	Quantidade	Potência Total (W)	
INDU LINE	Schröder	110 lm/W	38 W	46	1748	3948,2
INDU BAY GEN2 (versão 4)	Schröder	133 lm/W	235 W	9	2115	
ELX 20 LEDi Flat 3h	ESYLUX	128 lm/W	1,45 W	6	8,7	
FAROL	LEUK	104 lm/W	1x15,3 W	5	76,5	

Iluminação exterior

De acordo com a análise feita à iluminação exterior da central e com a ajuda da tabela seguinte, verificou-se:

- a) Todos os equipamentos estão de acordo com as necessidades de cada local e garantem os níveis de iluminação e distribuição de fluxo internacionalmente recomendados.
- b) Todos os aparelhos de iluminação apresentam um índice de proteção adequado as características dos locais de instalação.
- c) Foram utilizadas luminárias LED, que permitem uma eficiente alternativa às luminárias HID.

	Tipo	Local de aplicação	Armadura (Modelo)	Armadura (Marca)	Temperatura	IP
ILUMINAÇÃO EXTERIOR	Consola tubular	Exterior	VOLTANA 3 - 24 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro ou quente	IP66
	Coluna metálica com braço simples	Exterior	VOLTANA 2 - 24 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro ou quente	IP66
	Coluna metálica com braço duplo	Exterior	VOLTANA 3 - 24 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro ou quente	IP66
	Coluna metálica com coroa móvel	Exterior	OMNIstar - 128 LEDs	SCHRÉDER	Branco neutro	IP65/IP66

Eficiência luminosa (lm/W)	Potência (W)
até 130 lm/W	28 W a 82 W
até 130 lm/W	20 W a 56 W
até 130 lm/W	28 W a 82 W
	285 W a 470 W

Iluminação de Emergência

De acordo com a retrospectiva feita à iluminação de emergência da central, foi concluído o seguinte:

- No caso de falha da iluminação normal, irão ser instalados alguns aparelhos de iluminação normal ligados a um circuito de emergência, independente dos outros circuitos de iluminação.
- Os circuitos de emergência serão alimentados a partir do quadro de iluminação de emergência.

Iluminação de Segurança

A iluminação de segurança ao nível deste tipo de edifícios, rege-se pelas documentações regulamentares em vigor e por isso é obrigatório a existência destes equipamentos, sendo estes:

- a) Destinados a assegurar, em caso de falha simultânea do circuito de iluminação normal e de emergência, a evacuação das pessoas e consequente manobras de segurança.
- b) Luminárias do tipo autónomo e projetores orientáveis que asseguraram os níveis de iluminação de segurança regulamentares.
- c) Blocos autónomos com indicação de saída que são do tipo permanente e com autonomia de aproximadamente 3 horas.

Caminho de Cabos

Os caminhos de cabos serão em PVC, perfurados e fixados na estrutura do edifício através dos suportes adequados.

É importante salientar e recomendar que seja pensado espaço para futuras ampliações ou alterações nas instalações em questão.

Tomadas e Caixas de Tomadas

De acordo com a análise feita aos circuitos de tomadas da central, verifica-se que está tudo dentro da conformidade relativamente às peças desenhadas.

O tipo de equipamentos assenta na realidade atual e demonstra critério na sua distribuição. Estão descritos nos subtópicos seguintes, as características base destes equipamentos.

Tomadas de uso geral

As tomadas monofásicas de uso geral, cuja distribuição se indica nas peças desenhadas, serão do tipo estanque com tampa, dotadas de polo de terra do tipo “SHUKO, para uma intensidade nominal de 16 A, terão alvéolos protegidos, e serão próprias para montagem em calha de rodapé, ou instalação saliente.

Caixas de tomadas

Está prevista a instalação de caixas de tomadas metálicas, com um grau de proteção não inferior a IP 54, constituídas por dois compartimentos, um para alojamento dos aparelhos de proteção e respetiva régua de terminais e outro para alojamento das tomadas, dos tipos I, II e III, cuja constituição se descreve nas CT – Condições Técnicas.

Análise/Recomendação final

Na sequência da análise efetuada recomenda-se:

- a)** Substituição das luminárias interiores, que utilizam lâmpadas fluorescentes e lâmpadas de Descarga, (HID), por luminárias de tecnologia LED. Com esta medida, os consumos deverão reduzir cerca de 50 %.
- b)** Possibilidade de integração de medidas de controlo da iluminação (ex: sensores de movimento) em zonas como, WC's, corredores, zonas de passagem, etc.
- c)** Relativamente às luminárias exteriores, verifica-se que os equipamentos já são de tecnologia LED e apresentam uma boa eficiência energética.
- d)** Revisão da iluminação de emergência, de modo a analisar outras soluções mais eficientes.

Anexo C2 – Ilha de São Jorge

Anexo C2.1 - CT do Caminho Novo – Enquadramento e SPACC

Neste anexo, está presente o estudo relativo à análise do projeto revitalização do sistema de proteção, aquisição, comando e controlo da central, com referência também às obras de construção e ampliação da central e subestação.

Enquadramento

Foi feita uma análise às especificações técnicas da empreitada de construção e conceção da subestação e revitalização do sistema de comando e controlo da central termoelétrica do Caminho Novo, situada no concelho de Velas, na ilha de São Jorge, no arquipélago dos Açores.

Estas especificações destinam-se a fixar o âmbito do fornecimento e as características técnicas relativas a conceção, estudo, fabrico, ensaios, expedição, montagem e comissionamento desta empreitada.

Conceção do sistema de aquisição, comando e controlo

O atual sistema de comando e controlo da central termoelétrica e subestação encontrava-se desajustado às atuais necessidades técnicas de operação, razão pela qual a EDA instalou um novo sistema de aquisição, comando e controlo (SACC) da central e subestação. Pretende-se assim assegurar a continuidade e melhoria dos valores de segurança, operacionalidade, fiabilidade e otimização da exploração da instalação.

O novo sistema de automação garante, portanto, um elevado grau de disponibilidade e fiabilidade na sua operação, razão pela qual, a cada grupo está um autómato, assim como os sistemas auxiliares comuns.

De modo a minimizar a proliferação da instalação de cabos condutores na infraestrutura, recorreu-se a unidades remotas de recolha de sinalizações e comandos instaladas na proximidade dos equipamentos a monitorizar e comandar.

Associado a cada autómato principal deverá estar estabelecida uma rede de automação de campo cujo meio físico assentará em cabo de fibra ótica, que por sua vez assegurará toda a troca de informação necessária para o correto funcionamento dos sistemas associados. Todavia atualmente existem sistemas em funcionamento que recorrem ao protocolo Modbus que deverão ser integrados.

Conceção da Subestação

A central termoelétrica do Caminho Novo tem como principal função assegurar o centro nevrálgico da distribuição primária da energia elétrica na ilha de São Jorge. Para tal, foi construída uma nova subestação assente num único nível de tensão de distribuição, 15kV.

Esta nova infraestrutura, foi obrigado a assegurar um elevado grau de disponibilidade e fiabilidade na sua operação, pois, assegurou a exploração em anel da rede MT e a segregação do quadro de média tensão em dois semi-barramentos distintos. A subestação foi também preparada com painéis de Linha MT extra, com o intuito de assegurar a expansão futura da rede de distribuição MT.

No parque exterior de aparelhagem, situado à cota do piso superior, serão instalados dois transformadores auxiliares que assegurarão redundância na alimentação dos serviços auxiliares da central termoelétrica e subestação, atestando um aumento do nível de fiabilidade dos serviços auxiliares da infraestrutura antiga.

Os transformadores dos grupos da central termoelétrica serão transferidos para o piso inferior do edifício da subestação de São Jorge, elevando o patamar de segurança em caso de incidente.

A subestação será, maioritariamente, operada remotamente. Assim, a integração com o sistema de automação de processo da central termoelétrica alcança contornos de importância acrescida quer na gestão corrente da infraestrutura produtora de energia elétrica, quer na recolha de informação para otimização da sua distribuição. Destaco por isso, alguns dos conceitos de trabalho acompanhados quando deste projeto:

- Elaboração das peças desenhadas referentes aos trabalhos desenvolvidos;
- Lista de sinais e comandos;

- Base de dados para integração com o despacho local;
- Diagramas lógicos a implementar;
- Parametrizações a aplicar no sistema de proteções elétricas;

Sistema de proteção, aquisição, comando e controlo (SPACC)

Os equipamentos de medida, aquisição e condicionamento de sinais, comutação, comando, regulação, proteção e supervisão, processamento de informação e interface com o operador, são aglutinados sob a designação geral de sistemas de controlo e instrumentação.

O objetivo principal dos sistemas de Controlo e Instrumentação é de assegurar que os estados desejados para as instalações e estabelecidos pelos operadores sejam atingidos e mantidos em segurança, permanecendo os operadores informados sobre o estado do processo em tempo real. Os comandos necessários para a realização de manobras de arranque, paragem ou variação das condições de operação serão desencadeadas, em grande parte, de forma automática.

Nas instalações da Central e Subestação deverá ser possível distinguir o sistema de controlo associado aos principais equipamentos, localizando-os em áreas específicas dos edifícios. Os sistemas de controlo de algumas das instalações auxiliares encontrar-se-ão localizados junto das respetivas instalações e deverão estar dotados de dispositivos locais de comando para a execução de determinadas tarefas de operação só possíveis no local, quer por motivos de segurança, quer por motivos de facilidade de operação.

Os sistemas de controlo das instalações auxiliares deverão ter um grau elevado de independência do sistema de controlo principal, porém deverão recolher e transmitir a informação mais relevante para processamento central e visualização na sala de comando. Todavia a sua interação não se deverá cingir à telemetria de dados, pelo que deverão adicionalmente permitir a execução de funções de comando remoto a partir da sala de comando.

Sistema de Supervisão e aquisição de dados (SCADA)

O Sistema de Operação e Supervisão permitirá comandar e vigiar o estado das unidades funcionais da Central e subestação (Grupos, Sistemas Auxiliares e Subestação) a partir da sala de comando, que para este efeito fará a aquisição, processará e armazenará toda a informação recolhida das instalações.

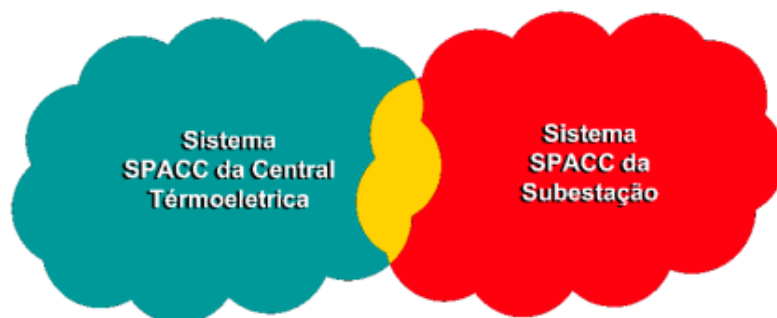
As exigências de fiabilidade das instalações impõem condicionantes de exploração do sistema *SCADA*, pelo que na Central Térmica deverão existir três Postos de Comando para garantir a continuidade de serviço em caso de falha de uma das unidades ou durante operações de modificação, ensaio e manutenção da instalação e do próprio sistema de controlo.

Arquitetura geral do sistema de comando e controlo

Em geral os sistemas de automação aplicados no controlo de centrais termoelétricas diferem dos aplicados no controlo de subestações, quer ao nível de equipamentos, quer ao nível de protocolos de comunicação ou até de filosofias de operação e de implementação.

Uma vez que neste caso, a operação da central termoelétrica e da subestação é efetuada em conjunto, torna-se fulcral que a operação das mesmas seja efetuada com o mínimo de perturbação possível, razão pela qual os dois sistemas estão integrados e em funcionamento uníssono, ainda assim sem perder a identidade própria que caracteriza cada um dos sistemas.

Desse modo procurou-se garantir que a interface entre os dois sistemas de automação (central e subestação) tivesse o mínimo impacto possível e que o mesmo não fosse baseado em protocolos não proprietários, daí a escolha do IEC 61850.



Conceção do sistema de controlo do processo

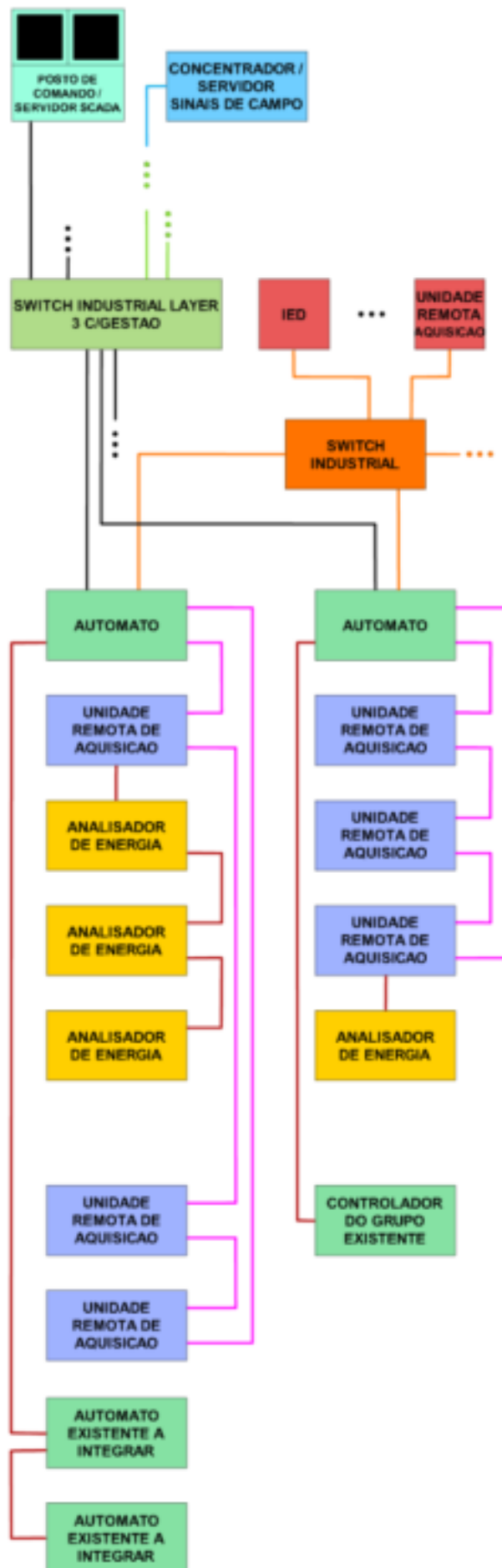
A natureza do processo envolve a constante atualização dos seus sistemas constituintes, razão pela qual toda a instrumentação do sistema antigo foi integrada, não obstante da sua presença no SCADA antigo.

De modo a garantir uma correta análise dos eventos impôs-se a necessidade do sistema de automação e proteção fosse dotado da capacidade de datação de eventos na fonte recorrendo à sincronização horária através de um sistema horário redundante de GPS.

No seguimento do trabalho desenvolvido no passado em instalações de natureza similar foi desenvolvido um sistema de repartição automática de potência ativa e reativa (Load sharing).

A permuta de informação entre os vários elementos constituintes é assegurada por redes de comunicação hierarquicamente distintas em conformidade com o nível de atuação, nomeadamente:

- Rede de Automação de supervisão → **Preto**
- Rede de Automação de campo → **Rosa**
- Rede de Automação de Modbus (existente e a integrar) → **Castanho**
- Rede IEC 61850 (integração com a subestação) → **Laranja**



SPCC da subestação

O novo quadro de média tensão instalado tem um sistema de proteções elétricas, comando e controlo assegurado por um conjunto de proteções de controlo numérico (representado na Figura 3 como IED) instaladas em cada um dos painéis MT.

O sistema de proteções e comando e controlo assenta sobre unidades de proteção numérica recorrendo a processadores de processamento digital de sinal (DSP) com elevada capacidade e rendimento e todos os sinais analógicos são isolados e condicionados por métodos de redução de distorção como forma de reduzir os efeitos de interferências eletromagnéticas presentes em ambientes industriais.

O telecomando da subestação é assegurado por um sistema redundante hierarquicamente superior representado na Figura 3 como “concentrador/ servidor de sinais de campo”.

Conforme patente na Figura 3 as comunicações entre equipamentos são segregadas conforme as suas funções, nomeadamente:

- IEC 61850 (Rede de partilha de informação) → **Laranja e Azul**
- IEC 60870-5-104 (Rede comunicação para centro de comando) → **Amarelo**
- Interligação dos sistemas de supervisão SCADA → **Verde**

